

**UNIVERZITET CRNE GORE
METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET
ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE**

MARIJA LUČIĆ

**ANALIZA EFIKASNOSTI POVEĆANJA RECIKLABILNIH
MATERIJALA IZ KOMUNALNOG OTPADA U
REGIONALNOM RECIKLAŽNOM CENTRU U OKVIRU
DEPONIJE „LIVADE“ PODGORICA**

MASTER RAD

PODGORICA, 2024.

**UNIVERZITET CRNE GORE
METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET
ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE**

MARIJA LUČIĆ

**ANALIZA EFIKASNOSTI POVEĆANJA RECIKLABILNIH
MATERIJALA IZ KOMUNALNOG OTPADA U
REGIONALNOM RECIKLAŽNOM CENTRU U OKVIRU
DEPONIJE „LIVADE“ PODGORICA**

MASTER RAD

PODGORICA, 2024.

PODACI I INFORMACIJE O MAGISTRANDU

Ime i prezime: Marija Lučić

Datum i mjesto rođenja: 15.09.1997.godina, Cetinje

Institucija: Metalurško-tehnološki fakultet, Univerzitet Crne Gore

Osnovne studije: 2021. godina

INFORMACIJE O MASTER RADU:

Naziv studija: Zaštita životne sredine

Naziv rada: Analiza efikasnosti povećanja reciklabilnih materijala iz komunalnog otpada u regionalnom reciklažnom centru u okviru deponije „Livade“ Podgorica

Fakultet: Metalurško-tehnološki fakultet

UDK, OCJENA I ODBRANA MASTER RADA:

UDK:

Datum prijave rada: 05.05.2023.godina

Datum prihvatanja teme: 19.05.2023.godina

Mentor: Prof. dr Jelena Šćepanović, vanredni profesor

Komisija za ocjenu rada:

Prof. dr Jelena Šćepanović, MTF, mentor

Prof. dr Darko Vuksanović, MTF, član

Prof. dr Mira Vukčević, predsjednik

Komisija za odbranu rada:

Prof. dr Jelena Šćepanović, MTF, mentor

Prof. dr Darko Vuksanović, MTF, član

Prof. dr Mira Vukčević, predsjednik

Lektor: Autolektura

Datum odbrane: 27.05.2024.godina

Zahvalnica

Veliku zahvalnost dugujem mentorki prof dr Jeleni Šćepanović koja mi je bila velika podrška tokom izbora teme master rada i kasnije prilikom izrade master rada. Svojim trudom i stručnim savjetima doprinijela je kvalitetu rada. Takođe, zahvalnost dugujem prof dr Darku Vuksanoviću na ukazanim smjernicama i pomoći prilikom pisanja master rada.

Uz veliki trud i posvećenost mentorke koja me zastupala, upoznala sam stručan tim ljudi koji su zaposleni na Deponiji „Livade” u Podgorici sa kojima sam imala priliku da sarađujem tokom tromjesečnog boravka u Reciklažnom centru.

Zahvaljujem se pomoćniku izvršnog direktora za tehničko-operativne poslove diplomiranom inženjeru gospodinu Ratku Pavićeviću koji mi je omogućio uvid u dosadašnje analize rada Reciklažnog centra i dao mnoštvo stručnih savjeta uz pomoć kojih sam donijela relevantne zaključke prilikom praćenja rada Reciklažnog centra.

Zahvalnost dugujem svojim najbližima, posebno majci koja je oduvijek bila moja najveća podrška i oslonac u životu !

IZJAVA O AUTORSTVU

Kandidat: Lučić Marija

Na osnovu člana 22 Zakona o akademskom integritetu, ja, dolje potpisana

IZJAVLJUJEM

pod punom krivičnom i materijalnom odgovornošću da je master rad pod nazivom

„Analiza efikasnosti povećanja reciklabilnih materijala iz komunalnog otpada u regionalnom reciklažnom centru u okviru deponije „Livade” Podgorica“

Rezultat sopstvenog istraživačkog rada, da nisam kršila autorska prava i koristila intelektualnu svojinu drugih lica i da je navedeni rad moje originalno djelo.

U Podgorici,

Potpis studenta

APSTRAKT

Svakodnevno odlaganje velikih količina neselektivnog komunalnog otpada na deponiju uz minimalno izdvajanje korisnih reciklabilnih materijala iz otpada, opravdan su razlog za buduće sprovođenje određenih mjera u svrhu poboljšanja i većeg doprinosa korisnih reciklabilnih materijala.

U svrhu rješavanja ključnog problema koji je pokrenut, rad će se bazirati na režimu tehnoloških procesa koji će biti izmijenjeni kako bi se povećao procenat izdvojenog materijala iz komunalnog otpada. U cilju adekvatnog rješavanja ovog problema biće predložene metode koje su dostupne u drugim zemljama a koje bi se mogle iskoristiti u našoj državi.

Ključan korak u rješavanju problema predstavljaće podizanje svijesti građana o važnosti adekvatnog upravljanja otpadom još u primarnoj fazi sakupljanja. U tom smislu, kroz rad će biti data metodologija sa preporukama na koji način bi trebalo vršiti njihovu edukaciju. Ovaj korak značio bi drastično povećanje efikasnosti rada reciklažnog centra, uz razvijanje svijesti građana da je otpad resurs koji treba pravilno iskoristiti.

Predmet istraživanja sprovodiće se na osnovu dosadašnjih analiza reciklabilnih materijala sa ciljem povećanja dobijanja korisnog otpada. Na osnovu dosadašnjih mjerenja pristupiće se izmjeni režima tehnoloških procesa. Zadatak i cilj istraživanja biće sagledavanje već postojećih rezultata koji su vršeni u proteklom vremenu i mogućnost iskorišćenja veće količine reciklabilnih materijala u narednom periodu. Za obradu podataka koristiće se softverski program EXCEL uz pomoć kojeg će se vršiti obrada podataka na dnevnom, nedjeljnom i mjesečnom nivou i pratiti tok najefikasnijeg iskorišćenja reciklabilnih materijala koji bi se mogao povećati na značajno većem nivou.

Efikasnost povećanja reciklabilnih materijala iz komunalnog otpada uspješno bi se realizovala ukoliko bi se već u početnoj fazi odlaganja otpada sprovelo selektivno sakupljanje otpada.

Ključne riječi: komunalni otpad, metode, reciklabilni materijali, selektivno sakupljanje, softverski program EXCEL

ABSTRACT

Daily disposal of large amounts of non-selective municipal waste the landfill with minimal separation of useful recyclable materials from the waste, are a justified reason for the future implementation of certain measures for the purpose of improvement and greater contribution of useful recyclable materials.

In order to solve the main problem that was raised, the work will be based on the resume of technological processes that will be changed, in order to increase the percentage of separated material from municipal waste. In order to adequately solve this problem methods that are available in other countries and that could be used in our country will be proposed (as an example of good practise). The main step in solving the problem will be raising citizens awareness of the importance of adequate waste management even in the primary phase of collection. In this sense, the work will provide a methodology with recommendations on how their education should be carried out.

This step would mean a significant increase in the efficiency of the recycling center, along with the development of citizens awareness that should be used properly.

The subject of investigation will be conducted on the basis of previous analyzes of recyclable materials with the aim of increasing the production of useful waste. Based on the previous measurements, the resume of technological processes will be modified.

The task and goal of the research will be to review the already existing results that were made in the past period and the possibility of using a large amount of recyclable materials in the following period.

The Excel software program will be used for data processing, with the help of which the data will be processed on a daily, weekly and monthly level and the flow of the most efficient use of recyclable materials will be monitored, which could be increased to a significantly.

The efficiency of increasing recyclable materials from municipal waste would be successfully realized if selective waste collection was carried out already in the initial phase of waste disposal.

The main words: municipal waste, methods, recyclable materials, selective collection, software program EXCEL

SADRŽAJ:

1. UVOD.....	8
1.1. Cilj istrživanja	9
2. KOMUNALNI OTPAD	10
2.1. Vrste komunalnog otpada	11
3. NAČIN RADA RECIKLAŽNOG CENTRA U OKVIRU DEPONIJE „LIVADE“ U PODGORICI	13
3.1. Selektivno sakupljanje otpada	17
<i>3.1.1. Sabirni (sakupljački) centar</i>	17
<i>3.1.2. Reciklažni centri (reciklažna dvorišta)</i>	18
<i>3.1.3. 4 r mjere</i>	20
<i>3.1.4. Sanitarne deponije otpada</i>	21
4. EVROPSKE DIREKTIVE I ZAKONSKA REGULATIVA U CRNOJ GORI U OBLASTI UPRAVLJANJA OTPADOM 25	
4.1. Upravljanje otpadom u Crnoj Gori	29
5. STATISTIČKA OBRADA STANJA KOMUNALNOG OTPADA U PODGORICI.....	31
5.1. Uticaj reciklaže komunalnog otpada i potrošnje obnovljive energije na emisije CO₂ širom zemalja članica EU	34
6. POSTOJEĆA PRAKSA POSTUPANJA KOMUNALNIM OTPADOM	36
7. SAVREMENE TEHNOLOGIJE ZA UPRAVLJANJE KOMUNALNIM OTPADOM.....	37
7.1. Vrste selekcije	37
<i>7.1.1. Ručna selekcija</i>	37
<i>7.1.2. Gravitaciona separacija</i>	38
7.2. Vrste gravitacionih separatora	39
<i>7.2.1. Balistički separator sa transportnom rešetkom</i>	39
7.3. Metode praćenja koje omogućavaju stalna poboljšanja u sortiranju otpada u centrima za reciklažu	41
7.4. Optimalna strategija za sortiranje plastičnog komunalnog otpada s obzirom na ekonomsku izvodljivost u cilju povećanja efikasnosti recikliranja	48
8. PREDLOG ZA UNAPREĐENJE RADA RECIKLAŽNOG CENTRA U PODGORICI	49

9. REZULTATI I DISKUSIJA	51
10. ZAKLJUČCI	62
11. LITERATURA	63

1. UVOD

Komunalni otpad predstavlja jedan od uzroka zagađenja životne sredine, stoga je važno baviti se pravilnim odlaganjem i upravljanjem još u fazi primarne selekcije. Neadekvatnim odlaganjem otpada još u primarnoj fazi sakupljanja, dolazi do problema u kasnijem sortiranju otpada. Otpad koji dolazi u reciklažni centar predstavlja neselektivan otpad koji je potrebno sortirati prema vrsti otpada, a to dodatno otežava prikupljanje korisnih reciklabilnih materijala iz otpada. Svakim danom na regionalnoj sanitarnoj deponiji „Livade“, stigne oko 250 tona miješanog otpada, od čega blizu 50 tona komunalnog otpada prolazi kroz sortirnice reciklažnog centra, pri čemu se vrši selekcija prema vrsti otpada.

Recikliranje predstavlja jedan od osnovnih segmenata upravljanja otpadom gdje se ostvaruju značajni tehnički, ekološki i ekonomski efekti. Postupkom recikliranja ili ponovnom upotrebom materijala smanjuje se količina otpada koja bi se u suprotnom morala odložiti na deponiji, odnosno u kasnijoj fazi na sanitarnoj kadi. Ovim postupkom vrši se smanjenje utroška baznih sirovina u procesu proizvodnje, štednje energije, produžava se „vijek korišćenja“, direktna prodaja ili primjena u proizvodnom procesu omogućava se ostvarenje ekonomske dobiti, značajno se usporava proces iscrpljivanja prirodnih resursa. [1]

Sadašnje i buduće zakonodavstvo o upravljanju otpadom zahtijevaju da se svi inženjerski materijali pravilno povrate i recikliraju od proizvoda, pa sve do kraja životnog vijeka. Recikliranjem dolazi do uštede resursa i energije. Reciklažne tehnologije poput hemijske reciklaže, termičke reciklaže i mehaničke reciklaže predstavljaju napredne tehnologije. Međutim, nedostatak tržišta, visoki troškovi reciklaže i kvalitet reciklata predstavljaju glavne barijere kada je u pitanju komercijalizacija i uspostavljanje ovih tehnika. [2]

Komunalni otpad smatra se jednim od neposrednih i većih problema sa kojima se suočavaju urbane vlasti u većini ekonomija u razvoju i tranziciji. [3]

Pretpostavlja se da će se stopa proizvodnje komunalnog otpada povećati na 2,2 milijarde tona godišnje do 2025. godine širom svijeta. Međutim, u zemljama u razvoju, prikupljanje, transport i odlaganje otpada predstavlja izazov, pa se koriste nove tehnologije za proizvodnju različitih nusproizvoda kao što su: toplota, električna energija, kompost i bio-goriva. Postoje metode poput biološkog tretmana otpada, termička obrada otpada, korišćenje deponijskog gasa i biorafinerije. Proučavaju se integrisani sistemi upravljanja komunalnim otpadom sa tehnologijama pretvaranja otpada u energiju i daju se primjeri širom svijeta. Sve većom naseljenošću i migracijom stanovništva iz ruralnih u urbana područja i industrijskom ekspanzijom dovode do stvaranja velikih količina otpada, što dovodi do društveno-ekonomskih i ekoloških problema. Upravljanje komunalnim otpadom je prilika za dobijanjem dobara kao što su reciklažni materijali, toplota ili energija. [4]

Danas je problem odlaganja ambalaže, jedan od najvećih izazova savremenog društva sa političkom i ekonomskom nestabilnošću. Sakupljanjem i razvrstavanjem otpada u domaćinstvima predstavlja najefikasniji način upravljanja otpadom. [5]

Upravljanje otpadom je proces postupanja i podrazumijeva sprovođenje mjera u okviru sistema sakupljanja, transporta, skladištenja, odnosno ponovnog iskorišćenja, tretmana i odlaganja otpada. [6]

1.1. Cilj istraživanja

Cilj istraživanja bazira se na terensko-eksperimentalnom radu gde će se na osnovu dosadašnjih praćenih parametara i analize budućih parametara posmatrati tok poboljšanja u iskorišćenju reciklabilnih materijala.

Uzimajući u obzir realno stanje i količinu neselektiranog otpada koji kao takav dolazi u reciklažnom centru gdje se vrši selekcija prema vrsti otpada, onemogućava se dobijanje većeg procenta reciklabilnih materijala. Istraživanja u ovom radu će, na osnovu parametara koji se prate u toku rada reciklažnog centra i budućih izmjena, dati odgovor na pitanje da li se može dobiti procentualno veća količina reciklabilnog materijala.

Uz pomoć stručnih savjeta od strane ovlašćenih lica koji rade na deponiji „Livade“ u Podgorici, kao i svakodnevnog praćenja rada Reciklažnog centra, biće predstavljen konkretan uvid u stanje i količinu otpada kao i upravljanje otpadom.

Mnogi problemi se javljaju zbog neadekvatnog sistema upravljanja otpadom, koji nije koncipiran na pravilnom postupanju sa njim, tako da se očekuje da će ovaj rad, kroz smjernice i preporuke, doprinijeti povećanju procentualno veće količine reciklabilnih materijala. U cilju realizacije poboljšanja rada reciklažnog centra, vršiće se promjene u radu putem parametara uz pomoć kojih će se dobiti optimalno najbolji učinak reciklabilnih materijala iz otpada. Izmjenom tehnološkog režima rada reciklažnog centra, dobiće se relevantni podaci putem kojih će se steći sveobuhvatan uvid u stanje i količinu reciklabilnih materijala dobijenih iz komunalnog otpada.

Rješenje problema i poboljšanje rada reciklažnog centra, značajno bi se unaprijedilo odvojenim prikupljanjem komponenti otpada, što bi podrazumijevalo preradu i ponovnu upotrebu sirovina. Odabir odgovarajućeg načina sakupljanja i transporta otpada rezultirao bi redukcijom količine otpada.

2. KOMUNALNI OTPAD

Pod pojmom komunalni otpad podrazumijeva se otpad koji se stvara u domaćinstvima, prodavnicama, bolnicama ili restoranima kao i drugim izvorima čije su aktivnosti slične onima koje se realizuju u kućama i slično. [1]

Komunalni otpad obuhvata organske i prehrambene proizvode. Otpad predstavlja problem savremenog doba i problem zaštite životne sredine. Prema zakonu o upravljanju otpadom („Sl. list CG“, br. 64/11 i 39/16) „Otpad je svaka materija ili predmet koji je imalac odbacio, namjerava da odbaci ili je dužan da odbaci u skladu sa zakonom“. Mnogo stvari se može razmatrati kao dio otpada, na primjer: otpad iz domaćinstva, mulj nastao iz otpadnih voda, otpad koji potiče iz proizvodnog procesa, ambalažni otpad, otpadni automobili, stari televizori, baštenski otpad i slično. Svakodnevnim aktivnostima može se prouzrokovati mnoštvo različitih vrsta otpada koji potiče iz različitih izvora. [1]

Povećanje reciklaže u velikoj mjeri zavisi od prikupljanja i transporta otpada. Za postizanje ovog procesa uključeni su veliki troškovi i sam postupak je veoma složen i ima operativne probleme. Odvajanje otpada na mjestu nastanka (izvoru), predstavlja veliki uticaj na djelotvornost sistema upravljanja otpadom, jer izaziva značajne promjene u količini i kvalitetu otpada koji dolazi do konačnog odlaganja. [3] Na slici 1 prikazana je sanitarna kada na deponiji „Livade“ u Podgorici.



Slika 1. Sanitarna kada na deponiji „Livade“ u Podgorici

(Izvor: <https://deponija.me/djelatnosti/odjeljenje-za-reciklazu-komunalnog-otpada/>)

2.1. Vrste komunalnog otpada

Komunalni otpad se u okviru Pravilnika o klasifikaciji i katalogu otpada („Sl. list CG“, br. 59/13 i 83/16) svrstava u grupu 20 (kućni otpad i otpad poput komercijalnog i industrijskog) uključujući i odvojeno sakupljene frakcije.

Komunalni otpad se prema sastavu dijeli na: ambalažni otpad, miješani komunalni otpad, biorazgradivi komunalni otpad, kabasti otpad.

Ambalažni otpad predstavlja sve proizvode napravljene od bilo kog materijala bilo kog prirodnog svojstva, koji se koristi za rukovanje, isporuku i prezentaciju robe od sirovina do prerađene robe od proizvođača do korisnika ili konzumenta.

Miješani komunalni otpad se ne klasifikuje kao opasan i u samom Katalogu otpada nije označen kao opasan. Međutim, u miješanom komunalnom otpadu, mogu se naći u manjoj količini opasna svojstva otpada.

Biorazgradivi komunalni otpad nastaje u domaćinstvima pri svakodnevnoj pripremi hrane, voća i povrća, kao i prilikom uređenja zelenih površina i dvorišta poput: lišća, granja, trava i slično.

Pod biorazgradivim otpadom (biootpad) ubrajaju se biološki lako razgradive materije. Biootpad je najefikasnije biološki preraditi u kompost. Biootpad je najbolje odlagati u manjim plastičnim kantama koje treba isprazniti u odgovarajući kontejner. [1]

Dio komunalnog otpada predstavlja papirno-kartonski otpad: novine, časopisi, prospekti, papirne kese i drugi slični materijali. Papirni otpad ima veoma spor proces razgradnje ukoliko se odloži na deponiju, kao i negativan uticaj na životnu sredinu, jer se produžava aktivnost deponije nakon njihovih zatvaranja.

Odlaganjem plastičnog ambalažnog otpada zauzima se velika zapremina odlagališnog prostora stoga je potrebno plastični otpad odložiti u odgovarajuće kontejnere i započeti postupak recikliranja [1]. Na slici 2 prikazane su izbalirane PET boce u reciklažnom centru u Podgorici.



Slika 2. Izbalirane PET boce u Reciklažnom centru u Podgorici

(Izvor: <https://deponija.me/djelatnosti/odjeljenje-za-reciklazu-komunalnog-otpada/>)

3. NAČIN RADA RECIKLAŽNOG CENTRA U OKVIRU DEPONIJE „LIVADE“ U PODGORICI

U okviru reciklažnog centra funkcionišu dvije linije i to: linija za reciklažu komunalnog otpada i linija za reciklažu vozila van upotrebe.

Opis organizovanja i upravljanja komunalnim otpadom na Deponiji „Livade“ je sledeći:

Svako vozilo, bilo da je od Čistoće d.o.o., pravnih ili fizičkih lica, kada dođe na deponiju se kontroliše i vaga. Dozvoljen je samo ulaz vozilima koji imaju identifikacioni broj. Elektronska vaga predstavlja prijemni punkt deponije (slika 3). Zavisno od radne smjene i tehnološkog procesa jedan dio vozila se upućuje na prijemni punkt Reciklažnog centra za komunalni otpad, a jedan dio ide direktno na sanitarne kade.

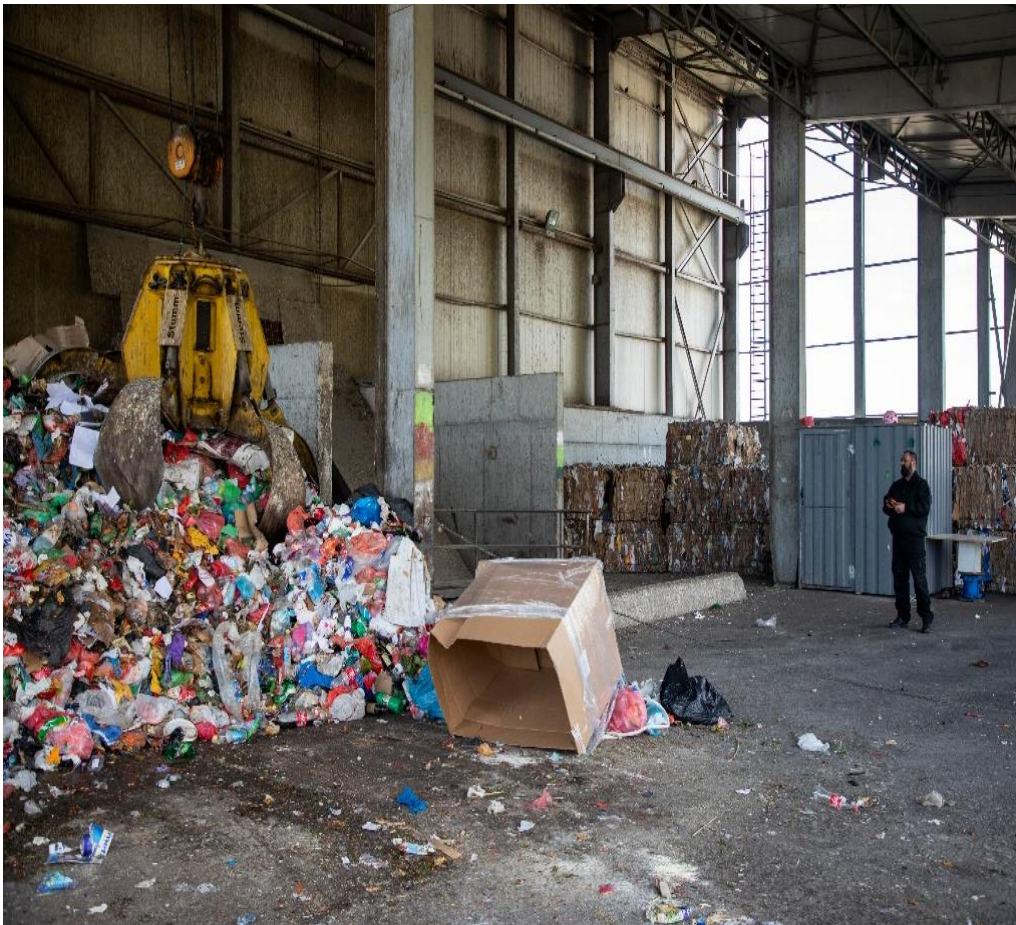


Slika 3. Vaga za mjerenje otpada na prijemnom punktu deponija „Livade“

Reciklažni centar za komunalni otpad zauzima zatvoreni prostor od 3.500 m² i ima kapacitet od 90.000 t/god. Sastoji se od prijemnog punkta gdje se istovara otpad. Na ovoj poziciji vrši se

predselekcija u smislu odstranjivanja guma i kabastog otpada koji može da izazove oštećenje opreme u daljem tehnološkom procesu.

Na prijemnom punktu se nalazi tzv. grajfer sa kapacitetom od 6,2 t (slika 4) i služi za hvatanje otpada i smještanje na ulaznu traku PF-01. Odatle otpad ide na selekciju i prolazi kroz dvije sortirne kabine CT-01 i CT-02 sa ljudskom posadom gdje se odvajaju boce, karton, PET ambalaža, razne vrste plastike i papir. Takođe, postoji aspirator koji služi za odvajanje plastičnih kesa. Izgled unutrašnjosti reciklažnog centra ilustrovan je na slici 5, a mašina za presovanje PET ambalaže prikazana je na slici 6.



Slika 4. Grajfer sa kapacitetom od 6,2 t koji služi za prenošenje otpada na ulaznu traku PF-01

(Izvor: <https://deponija.me/djelatnosti/odjeljenje-za-reciklazu-komunalnog-otpada/>)



Slika 5. Reciklažni centar u okviru deponije „Livade,,

(Izvor: <https://deponija.me/djelatnosti/odjeljenje-za-reciklazu-komunalnog-otpada/>)

U Reciklažnom centru se nalazi perforirani bubanj – tromel sa kružnim otvorima od 90 mm koji služe za filtriranje organskog otpada. Za odvajanje predmeta od željeza i aluminijuma postoje 3 magnetna odvajača. Za prenos materijala kroz Reciklažni centar instalirano je 20 transportnih traka. Za presovanje sortiranog materijala postoje 3 prese i to jedna za organski materijal, koji se u vidu bala šalje na sanitarnu kadu, zatim presa za metal i višenamjenska presa (za papir, kese, PET i ostalu plastiku).



Slika 6. Mašina za presovanje PET ambalaže

(Izvor: <https://deponija.me/djelatnosti/odjeljenje-za-reciklazu-komunalnog-otpada/>)

Napravljene bale od papira, kartona, PET-a, raznih vrsta plastike, aluminijuma, željeza itd. idu na za to utvrđeno mjesto i tu se odlažu. Sav ovaj sortirani materijal se inače tretira kao berzanski proizvod i kao takav prodaje kompanijama koje vrše otkup i preradu odnosno dalju reciklažu tih materijala.

3.1. Selektivno sakupljanje otpada

Svrha odvojenog sakupljanja otpada „na izvoru“ predstavlja omogućavanje odvojenog sakupljanja sekundarnih sirovina iz komunalnog otpada, što predstavlja preduslov za podizanje ciljeva zaštite životne sredine, smanjenja količina deponovanog otpada i povećanje ponovne upotrebe, odnosno prerade i recikliranja.

U skladu sa Direktivom 2008/98/EC, države članice Evropske unije mogu imati različite pristupe sakupljanja komunalnim otpadom. Sistem odvojenog sakupljanja otpada različitih frakcija otpada uključuje:

- Sabirni (sakupljački) centar
- Reciklažno dvorište (ekološka ostrva)
- Sakupljanje od vrata do vrata

3.1.1. Sabirni (sakupljački) centar

Sakupljački (sabirni) centri za sakupljanje odvojenih frakcija komunalnog otpada predstavljaju objekte koji su uređeni i opremljeni za preuzimanje, razvrstavanje i prolazno skladištenje odvojenih frakcija komunalnog otpada od korisnika iz domaćinstva. [1]

Korisnik bez naknade predaje odvojeno sakupljene frakcije:

- 20 01 01 - papir
- 20 01 02 - staklo
- 20 01 10 - odjeća
- 20 01 11 - tekstil
- 20 01 38 - drvo
- 20 01 39 - plastika i
- 20 01 40 - metali

Sabirni centri su nepokriveni prostori ili zatvoreni, imaju podlogu koja je nepropusna za tečnosti.

Prostor sabirnog centra mora imati opremu za gašenje požara i separator ulja. Takođe, sabirni centar mora biti ograđen i imati tablu označenu u cilju informisanosti o djelatnosti sakupljanja odvojenih frakcija komunalnog otpada.

Područje koje služi za preuzimanje otpada za pripremu, ponovnu upotrebu i razvrstavanje u kontejnere mora imati rampu za utovar.

Sabirni centar se dijeli se na područje za preuzimanje otpada, područje za prethodno skladištenje kao i prostor pripreme za odvoz otpada.

U sabirnom centru nalazi se metalni kontejner (30m³) koji je označen određenim klasifikacionim brojem i koji sadrži naziv otpada koji se u njemu sakuplja.

3.1.2. Reciklažni centri (reciklažna dvorišta)

Reciklažna dvorišta su mjesta koja su uređena za sakupljanje razdvojenih komponenti komunalnog otpada iz domaćinstava i javnih ustanova. Prostor je namijenjen za odvojeno sakupljanje otpadnih materijala kao i neke vrste opasnog komunalnog otpada. [7]

Reciklažna dvorišta su obično smještene na gradskim mjestima koja imaju kompletnu infrastrukturu, a vrlo često su u blizini sanitarnih deponija, što je sa ekonomskog aspekta povoljnije.

Miješani komunalni otpad kao takav ne smije se naći u reciklažnim dvorištima, jer se kasnije pravilno sortirani otpad direktno upućuje na postupke reciklaže.

Reciklažni centri su osmišljeni za sakupljanje brojnih vrsta otpada čiji se materijali mogu reciklirati. Neki od materijala koji se sakupljaju su: plastika, papir, karton, staklena i metalna ambalaža, ravno staklo, limenke, stiropor, stare baterije, PET boce, otpadne gume, krupni/glomazni otpad, elektronski otpad, akumulatori, fluorescentne cijevi, stari lijekovi, otpadna motorna i jestiva ulja, nauljena ambalaža, te ambalaža kontaminirana opasnim materijama (boje, lakovi, rastvarači, razne hemikalije iz domaćinstava). U većini evropskih zemalja glomazni otpad se uopšte ne sakuplja, već su građani dužni ostaviti ga u reciklažnim centrima. Ipak, tamo ih je dovoljan broj, pa građani ne trebaju ići daleko od kuće kako bi odložili otpad. [7]

Mobilno reciklažno dvorište (slika 7) je opremljeno opremom za vaganje prikupljenog otpada i ima stručno lice čije su obaveze vaganje, pravilno odlaganje i vođenje evidencije o vlasniku otpada. Vlasnik otpada ima pravo na isplatu povratne naknade kao stimulativnu mjeru za razdvajanje otpada. [7]



Slika 7. Mobilno reciklažno dvorište [7]

Sakupljanje podrazumijeva da svaki proizvođač miješanog komunalnog otpada odvojeno sakuplja isključivo ambalažu (plastičnu, staklenu, papirnu i metalnu), što znači da svaki proizvođač otpada odvojeno sakuplja biološki razgradivi otpad i ostatak otpada. Na slici 8 prikazan je primjer tipskih kontejnera koji služe za selektivno sakupljanje otpada.

Proizvođač miješanog komunalnog otpada, otpad od ambalaže stavlja u vreće (zapremine od 50 l ili 100 l) to jeste kante različitih zapremina. [1]



Slika 8. Tipski kontejneri za selektivno sakupljanje otpada

(Izvor:https://www.uzoronline.com/projekti/isuo/zelena_ostrva/)

3.1.3. 4 r mjere

Mjere koje se nazivaju 4 r mjere, primjenjuju se u cilju ispravnog upravljanja otpadom

Izbjegavanje/smanjivanje (REDUCTION)

Ponovna upotreba, bez obrade

Obnavljanje - ponovna upotreba za istu namjenu ili uz obradu npr. povratna ambalaža

Recikliranje, odnosno prerada, materijalno i energetska iskorišćavanje otpada [1]

Izbjegavanje stvaranja otpada obuhvata smanjenje količine otpada koji se proizvodi i time se omogućava smanjena količina otpada kojim se treba upravljati. Izbjegavanje stvaranja otpada realizuje se kao aktivnost smanjivanja količine materijala koji se koristi u procesu. Minimiziranje stvaranja otpada obuhvata proces kojim se izbjegava, smanjuje ili eliminiše otpad na mjestu njegovog nastanka ili koji rezultira ponovnom upotrebom ili recikliranjem.

Ponovna upotreba predstavlja višestruku upotrebu proizvoda više nego u istom ili različitom cilju, bez potrebe za ponovnim procesiranjem. Ovim postupkom se izbjegava odbacivanje materijala u okviru neke kategorije otpada kada se njegova upotreba završava.

Reciklaža uključuje ponovno procesiranje materijala odbačenog u obliku otpada u cilju njegovog prilagođavanja za naredni postupak njegove ponovne upotrebe.

Odlaganje otpada na deponije usmjereno je na otpad koji se ne može reciklirati, niti ponovo iskoristiti kroz neke od prethodno pomenutih mjera [1].

3.1.4. Sanitarne deponije otpada

Prema Direktivi Evropske Unije o deponijama otpada razlikuju se tri kategorije deponija:

1) Deponije za odlaganje opasnog otpada na koje se odlaže otpad koji je prema Direktivi Evropske Unije opasan. Ove deponije se nazivaju još i sigurne bezbjedne bezopasne deponije.

2) Deponije za neopasan otpad na koje se odlaže:

a) Komunalni čvrsti otpad zaostao poslije separacije reciklabilnih materijala;

b) Neopasan otpad koji zadovoljava kriterijume za prijem i odlaganje na deponiju;

c) Stabilan nereaktivan opasan otpad koji se ne smije odlagati u ćelije određene za biorazgradivi bezopasan otpad.

3) Deponije inertnog otpada [7]

Na slici 9 prikazan je prostor sanitarne deponije „Livade“ u Podgorici.



Slika 9. Sanitarna deponija „Livade“ u Podgorici

(Izvor: <https://www.ecoport.me/kako-se-tretira-otpad-na-deponiji-u-podgorici/>)

Procedure u radu deponije

Prilikom planiranja nove deponije najprije se utvrđuju uslovi za lokaciju deponije. Mjesto gdje se planira deponija mora da obezbijedi dovoljan kapacitet za projektni period i da podrži sve pomoćne funkcije upravljanja deponijom kao što su: tretman procjednih voda, upravljanje deponijskim gasom kao i usluge prihvatanja posebne vrste otpada poput: guma, glomaznih predmeta, opasnog otpada iz domaćinstva i slično.

Za određivanje kapaciteta deponije vrši se procjena količine otpada namijenjene za odlaganje u određenoj lokalnoj zajednici. U skladu sa prostornim i urbanističkim planom, deponija se projektuje na rok ne kraći od 20 godina. Projektovanje deponije mora da ispunjava tražene uslove kako bi se spriječilo zagađenje: vazduha, zemljišta, podzemnih i površinskih voda i mora obezbijediti kontrolisano upravljanje izdvojenih gasova i procjednih voda. Kako bi se zaštitilo zemljište površinske i podzemne vode postavlja se geološka barijera i donji nepropusni sloj za vrijeme aktivne faze deponije i komninacijom geološke barijere i gornjeg nepropusnog sloja za vrijeme pasivne faze nakon zatvaranja deponije. Padavine i kišnica izvan i iznad okoline

deponije treba kanalisati u vodotokove. Zaštita vazduha, uspostavlja se odgovarajućim sistemima za degasifikaciju kao i kontinuiranim prekrivanjem otpada inertnom prekrivkom. [7]

Najvažnija etapa kod izgradnje sanitarne deponije je izbor lokacije i predstavlja veoma složen i zahtjevan proces. Sastoji se od proučavanja i istraživanja makrolokacije gdje se planira deponija i ostvarenja svih kriterijuma koji su u funkciji zaštite životne sredine i zdravlja ljudi. Oko deset godina je potrebno da bi se otvorila nova deponija. Tokom procesa realizacije nove deponije mogu se promijeniti mnoga pravila kao što su: propisi, zahtjevi za odobrenje i dozvole.

Uzroci nezadovoljstva stanovništva uglavnom se odnose na probleme koji mogu nastati tokom izgradnje deponije kao što su: buka, saobraćaj, zagađenje podzemnih voda, zagađenje vazduha i zemljišta.

Proces izgradnje sanitarnih deponija odvija se u IV faze:

- 1) Izbor lokacije (terensko-istraživački postupak)
- 2) Utvrđivanje lokacije (prostorno urbanistička dokumentacija)
- 3) Izrada dokumentacije za izvođenje (tehnička dokumentacija)
- 4) Izgradnja deponije

Svaka od navedenih faza podliježe zakonskim uslovima kao i proceduri obezbjeđenja podataka i optimalnih rješenja. Na predviđenoj lokaciji moraju se sprovesti detaljna geološka, geotehnička, hidrogeološka ispitivanja čime će se utvrditi da je lokacija najpovoljnija.

Lokacija deponije uzima u obzir zahtjeve usmjerene na:

- 1) Udaljenost od granice lokacije do stambenih područja, plovnih puteva, drugih poljoprivrednih ili urbanih lokacija,
- 2) Postojanje podzemnih voda, površinskih voda ili zona zaštite prirode u tom području,
- 3) Geološke i hidrogeološke uslove u oblasti,
- 4) Rizik od poplava, klizišta ili lavina na lokaciji,
- 5) Zaštitu prirodnog ili kulturnog naslijeđa na tom području.

Direktivom Evropske unije 1999/31/EC o deponijama otpada definišu se minimalni standardi koji se moraju ispoštovati pri: planiranju, projektovanju, izgradnji, eksploataciji i monitoringu deponija i podijeljeni su u pet grupa:

- 1) Raspoloživi prostor (dimenzije) i prirodne karakteristike lokacije,
- 2) Položaj i/ili udaljenost lokacije u odnosu na objekte određenih kategorija, vidljivost lokacije i ambijentalno uklapanje,
- 3) Mogućnost osiguranja materijala potrebnih za izgradnju deponija,
- 4) Saobraćajne veze, transportnu udaljenost i infrastrukturno opremanje lokacije,

5) Sadašnje korišćenje prostora i pitanja vlasništva parcele/lokacije [7]

Potrebne aktivnosti:

- Deponovanje otpada ne isključuje recikliranje
- Projektovanje i izgradnja sanitarnih deponija komunalnog otpada za više opština
- Dobro rešenje * iskustva Zapadne Evrope
- Sanitarne deponije otpada – zaštita vode, vazduha i zemljišta
- Sanitarne deponije otpada – korišćenje deponijskog gasa – električna energija
- Stalna edukacija stručnih kadrova iz ove oblasti
- Razvijanje svijesti kod stanovništva o djelovanju sanitarnih deponija [8]

4. EVROPSKE DIREKTIVE I ZAKONSKA REGULATIVA U CRNOJ GORI U OBLASTI UPRAVLJANJA OTPADOM

Direktive EU za područje upravljanja otpadom organizovane su u četiri grupe direktiva, zavisno da li propisuju:

- 1) Okvir upravljanja otpadom (Okvirna direktiva o otpadu i Direktiva o opasnom otpadu).
- 2) Posebne tokove otpada (Direktiva o ambalaži i ambalažnom otpadu, Direktiva o zbrinjavanju otpadnih ulja, Direktiva o otpadu iz industrije u kojoj se koristi titan-dioksid, Direktiva o otpadnim vozilima, Direktiva o mulju iz uređaja za prečišćavanje otpadnih voda, Direktiva o otpadnoj električnoj i elektronskoj opremi, Direktiva o baterijama i akumulatorima koji sadrže određene opasne materije, Direktiva o zbrinjavanju polihlorovanih bifenila i polihlorovanih terfenila).
- 3) Izvještavanje zemalja članica u vezi sa sistemom upravljanja otpadom i prometom otpada (Direktiva o standardizaciji i racionalizaciji izvještaja o otpadu (91/662/EC), Uredba o kontroli kretanja otpada unutar područja, na području i s područja Evropske Unije).
- 4) Objekte za obradu i odlaganje otpada (Direktiva o deponijama, Direktiva o spaljivanju otpada, Direktiva o integralnoj prevenciji i kontroli zagađivanja). [7]

Zakonodavstvo upravljanja otpadom u Evropskoj Uniji je složeno i opsežno. Cilj strategije EU u postupanju s otpadom je racionalno i ekološki prihvatljivo iskorišćavanje to jeste upravljanje otpadom sa ciljem smanjenja količine otpada koja se odlaže u životnu sredinu. Ovaj cilj se ostvaruje kroz tri ključna evropska principa:

- 1) Prevencija nastajanja otpada (zatvaranjem proizvodnih ciklusa).
- 2) Reciklaža i ponovna upotreba (korišćenje sirovina i otpadnih materijala).
- 3) Poboljšanje konačnog zbrinjavanja otpada koje nije moguće reciklirati ili ponovo upotrijebiti. Evropska Unija usvajanjem strategije o otpadu, teži redukciji količine otpada, ali i valorizaciji otpada kao resursa, čime bi se dobile sekundarne sirovina, ali i generisala energija. [7]

U Evropskoj Uniji plan upravljanja otpadom podrazumijeva mjere uz pomoć kojih se ostvaruje postizanje rješenja koja pružaju globalni ishod u pogledu životne sredine.

Mjere koje su sastavni dio planova upravljanja otpadom, obuhvataju opšta načela zaštite životne sredine, među kojima spadaju predostrožnost i održivost, tehnička izvodljivost, održivost, zaštita resursa, globalni efekat na prirodnu okolinu i zdravlja ljudi, kao i ekonomske i socijalne aspekte.

Pod planom upravljanja otpadom podrazumijeva se uključivanje zakonodavnih i drugih mjera gdje će se obavezati da sva fizička i pravna lica koja proizvode, prerađuju, obrađuju, prodaju ili uvoze proizvode budu obuhvaćena režimom proširene odgovornosti proizvođača. [1]

Mjere obuhvataju i prihvatanje povrata proizvoda kao i otpada nakon upotrebe tih proizvoda, finansijsku odgovornost i obavezu informisanja o mjeri u kojoj je proizvod pogodan za upotrebu i recikliranje. Plan upravljanja otpadom obuhvata mjere u svrhu promovisanja recikliranja visokog kvaliteta. Uvođenjem odvojenog sakupljanja otpada realizuje se praktičnost u tehnološkom i ekonomskom smislu i sa stanovišta zaštite životne sredine. Plan upravljanja otpadom obuhvata čitavu teritoriju zemlje kao i geografski položaj i površinu teritorije.

U planu treba navesti sledeće: vrstu, količinu i porijeklo otpada na teritoriji gdje se nalazi, otpad koji je moguće otpremiti van nacionalne teritorije, kao i ocjenu razvoja tokova otpada. [1]

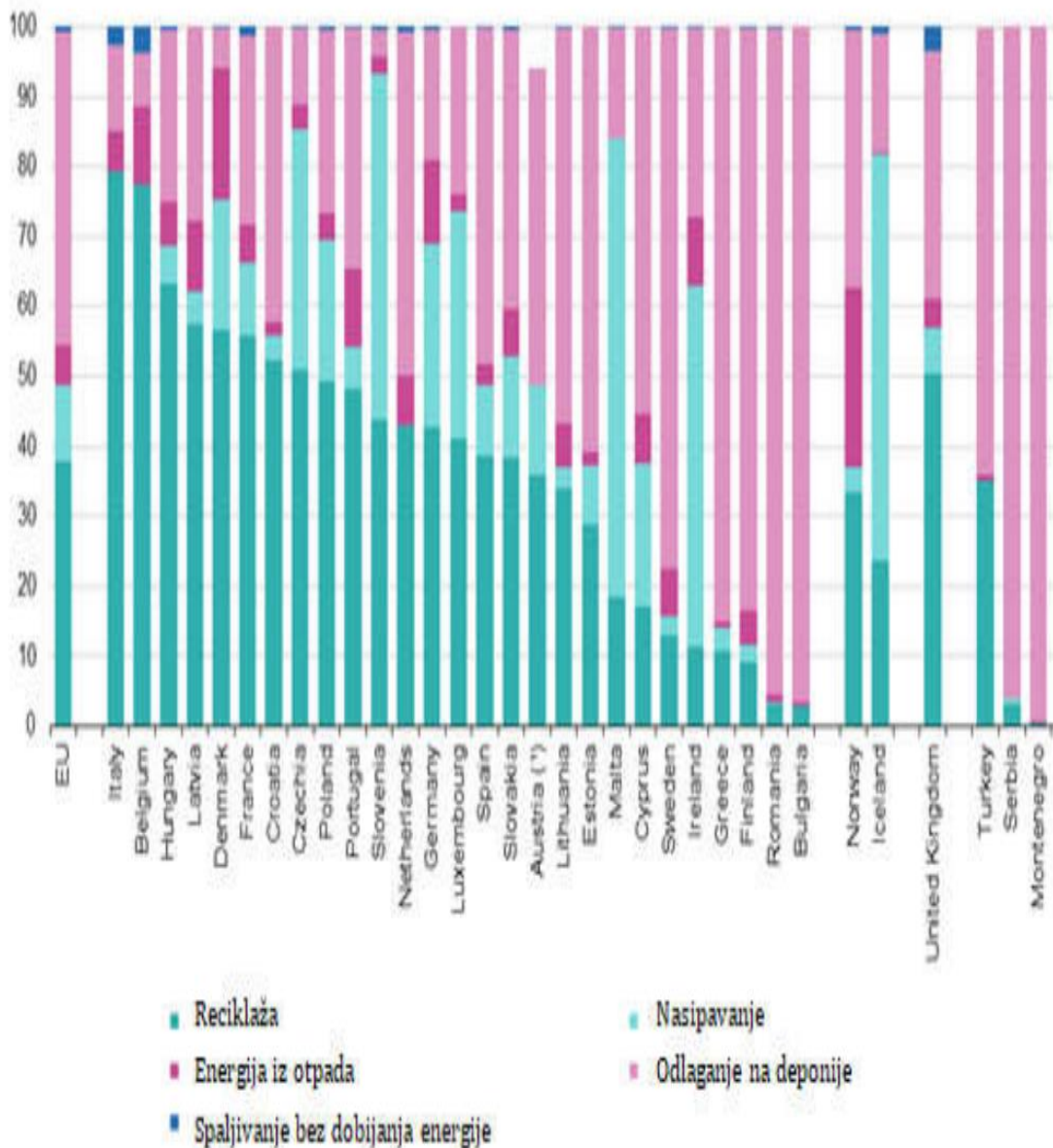
- Postojeće sisteme sakupljanja otpada i postrojenja za zbrinjavanje i upotrebe ubrajajući posebne programe za otpadna ulja, opasan otpad ili tokove otpada koje zemlja rješava zakonodavstvom.
- Ocjenu uvođenja sistema sakupljanja, zatvaranje postojećih postrojenja,
- Podaci o uslovima za definisanje lokacija i kapaciteta budućih postrojenja
- Politika upravljanja otpadom, planirane tehnologije i metode upravljanja otpadom
- Članice Evropske unije uz pomoć plana upravljanja otpadom obezbjeđuju sprečavanje ili maksimalno smanjuju negativne efekte na životnu sredinu. [1]

Odvojeno sakupljanje otpada u Evropi je pravna obaveza. Okvirna direktiva o otpadu definisana je načinom upravljanja komunalnim otpadom u cilju zaštite životne sredine i zdravlja ljudi. Takođe, za članice Evropske Unije postavljaju se ciljevi za separativnu kolekciju metala, plastike, kartona i stakla, te i specifični ciljevi za ponovnu upotrebu i reciklažu makar 50% otpada do kraja 2020. godine. Iskustvo pokazuje da ispunjavanje navedenih ciljeva može biti samo uz uvođenje primarne selekcije i odvojeno sakupljanje reciklabilnih materijala. [6]

Obaveza uvođenja primarne selekcije otpada za države EU se navodi u Članu 10 (2) Okvirne direktive o otpadu: čime će se olakšati ili unaprijediti obrada, otpad se stoga treba sakupljati odvojeno ako je to tehnički, ekonomski i ekološki moguće i ne bi ga trebalo miješati sa drugim otpadom ili drugim materijalom koji je različitih karakteristika. Postoje razna rješenja za odvojeno sakupljanje otpada kako bi se ispunili svi ciljevi definisani kroz zakonodavstvo u oblasti upravljanja otpadom. U Evropi se može naći niz različitih modela primarne selekcije otpada. [6]

Razlikuju se dva načina, prvi je sakupljanje otpada od vrata do vrata, gdje su posude postavljene ispred kuće i sistem donošenja, gdje stanovnici donose svoj otpad na određenoj lokaciji predviđenoj za odlaganje otpada [6]. Prema podacima Eurostata, u EU je u 2018. godini više od polovine otpada (54,6%) tretirano prihvatljivim tretmanima i to operacijama reciklaže 37,9% ukupno obrađenog otpada, 10,7% kroz odlaganje i 6% kroz kontrolisano spaljivanje. Preostalih 45,4 % je tretirano neefikasnim načinom. Kroz odlaganje na deponije (38,4%), a mnogo manje kroz spaljivanje bez dobijanja energije (0,7%) ili zbrinjavanje na ostale načine (6,3%). Zvanični podaci ukazuju da se u Evropskoj Uniji manji procenat otpada odlaže na deponije. Visok procenat odloženog otpada na deponiji imaju Bugarska i Rumunija. Švedska i Finska se takođe nalaze među zemljama koje problem odlaganja otpada najlakše rešavaju odlaganjem na deponije

otpada. Sa druge strane Italija i Belgija imaju visoke stope recikliranog materijala preko 70%. [9]
 Na slici 10 prikazan je tretman ukupnog otpada u Evropskoj Uniji u 2018. godini.



Slika 10. Tretman ukupnog otpada u EU u 2018. godini [9]

Svake godine u Evropskoj Uniji nastane 2,2 milijarde tona otpada. Oko 27% predstavlja komunalni otpad koji se stvara u domaćinstvima i koji obrađuju i prikupljaju opštine. Podaci pokazuju da se način upravljanja razlikuje u zemljama EU, uz pomak ka recikliranju i smanjenju odlaganja. Glavni cilj upotrebe i recikliranja komunalnog otpada do 2030. godine jeste 60 % komunalnog otpada, dok je cilj da se svega 10 % odlaže na deponije do 2035. godine.

U Tabeli 1 prikazano je stanje komunalnog otpada u članicama Evropske Unije iz 2021. godine i 2020. godine i ciljevi koji su ostvareni od 2016. do 2020. godine. [10]

Tabela 1. Komunalni otpad u članicama Evropske Unije za period od 2016. do 2021.godine.

	Proizvodnja komunalnog otpada (kg/stanovniku) 2021.godina	Stopa recikliranja i kompostiranja komunalnog otpada (2021)	Stopa odlaganja otpada (2020)
EU prosjek	530	49.6%	18%
Austrija	834*	62.3%*	9%
Luksemburg	793	55.3%	9%
Danska	786	34.3%	1%
Belgija	759	53.3%	3%
Njemačka	646	71.1%	9%
Kipar	644*	15.3%	52%
Irska	633	40.8%*	18%***
Malta	611	13.6%	73%
Finland	609	37.1%	7%°
Češka	570	43.3%	27%
Francuska	561	45.1%	22%
Grčka	524**	21.0%**	60%***
Nizozemska	515	57.8%	2%
Portugal	514	30.5%	46%
Slovenija	511	60.0%	6%
Slovačka	496	48.9%	31%
Italija	487*	51.4%*	15%
Litvanija	480	44.3%	17%***
Španija	472	36.7%	43%
Letonija	461	44.1%	25%
Hrvatska	446	31.4%	34%
Švedska	418	39.5%	8%***
Mađarska	416	34.9%	35%
Bugarska	408*	65.5%*	73%***
Estonija	395	30.3%	83%****
Poljska	362	40.3%	11%
Rumunija	302	11.3%	51%

podaci iz 2020 godine, **podaci iz 2019,podaci iz 2018, ****podaci iz 2016.** Zelenom bojom

označeni su podaci koji su ostvareni

U periodu od 2018. godine do 2021. godine prosječna količina komunalnog otpada po stanovniku u Evropskoj Uniji je porasla. Količina komunalnog otpada po osobi dostizala je najveće količine u Danskoj, Belgiji, Luksemburgu i Austriji dok su najmanje količine izmjerene u Španiji, Latviji, Hrvatskoj i Švedskoj. [10]

4.1. Upravljanje otpadom u Crnoj Gori

Zakon o komunalnim djelatnostima („Sl. list CG“, br. 055/16 od 17.08.2016, 074/16 od 01.12.2016). Ovim aktom definišu se komunalne djelatnosti, uređuju uslovi i način pružanja komunalnih djelatnosti ali i ostala pitanja od važnosti za komunalne djelatnosti. Prema Članu 2, Javni interes predstavlja sprovođenje komunalnih usluga za fizička i pravna lica koja se nalaze na teritoriji lokalne samouprave.

Prema članu 5 ovog Zakona, upravljanje komunalnim otpadom podrazumijeva kolekciju, transport, pripremu za ponovnu upotrebu, preradu i odlaganje ili druge postupke tretiranja komunalnog otpada koji je proizveden u domaćinstvima i po svojstvima i sastavu sličnog otpada nastalog u domaćinstvima i tretman procjednih voda sa deponija komunalnog otpada, kao i upravljanje i održavanje infrastrukturnih objekata, opreme i sredstava i održavanje deponija nakon zatvaranja. [11]

Državni plan upravljanja otpadom u Crnoj Gori („Sl. list CG“, br. 74/15) je strateški dokument kojim se definišu osnovni ciljevi i planovi Vlade Crne Gore i nadležnog Ministarstva u pogledu rješavanja problema u oblasti upravljanja otpadom. (1)

Na slici 11 prikazan je hijerarhijski model upravljanja otpadom.



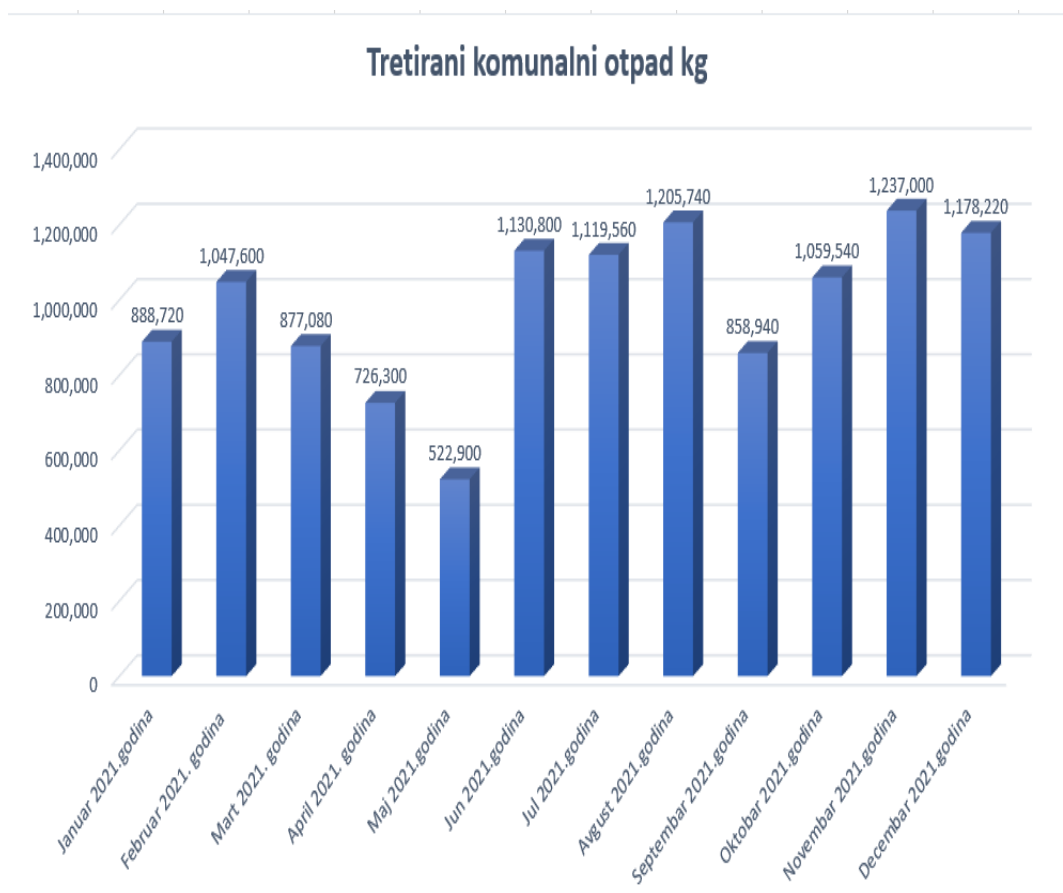
Slika 11. Hijerarhijski model upravljanja otpadom

(Izvor: <https://images.app.goo.gl/8NA4ZXAyrexhQzyd7>)

5. STATISTIČKA OBRADA STANJA KOMUNALNOG OTPADA U PODGORICI

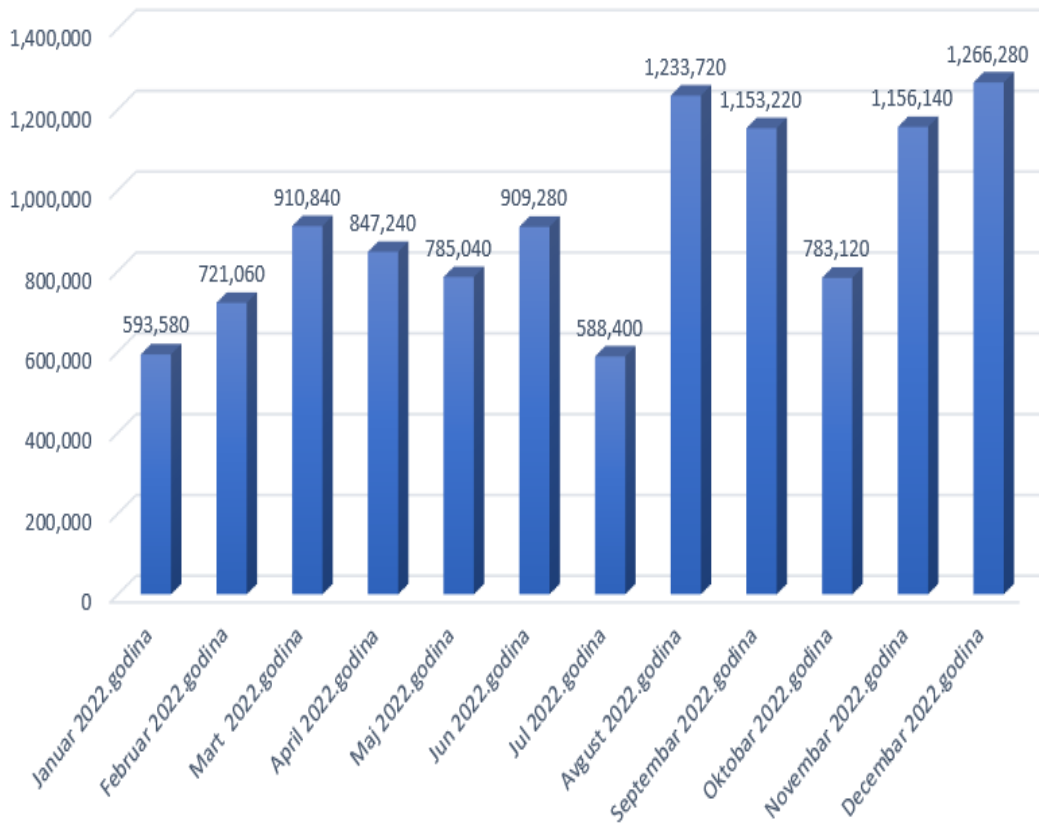
Miješani komunalni otpad koji se svakodnevno odlaže na sanitarnoj deponiji „Livade“ u Podgorici prema strateškom master planu, pored Podgorice dolazi iz opštine Cetinje i Danilovgrada. Komunalni otpad takođe dolazi i iz opštine Tuzi.

Na slici 12 prikazana je ukupna količina komunalnog otpada koja se tretira u Reciklažnom centru u okviru sanitarne deponije „Livade“ u Podgorici. Podaci su dobijeni iz dnevnih i mjesečnih izvještaja od strane stručnog kadra zaposlenih na deponiji. Reprezentativni podaci predstavljaju period od mjeseca januara do decembra 2021. godine. Tretirane količine komunalnog otpada obuhvataju zbir mokre i suve frakcije. U prosjeku oko 250 tona otpada svakim danom pristiže na regionalnoj sanitarnoj deponiji od kojih se 50 tona sprovodi kroz sortirnice reciklažnog centra gdje se vrši sortiranje prema vrsti otpada. Količine tretiranog komunalnog otpada za period od januara 2022. godine do decembra iste godine prikazane su na slici 13. Podaci koji su predstavljeni smatraju se relevantnim podacima komunalnog otpada koji se stvara na mjesečnom nivou i koji je tretiran u Reciklažnom centru. Na slici 14 prikazan je histogram tretiranog komunalnog otpada za period od januara mjeseca 2023. godine do 15. maja iste godine.



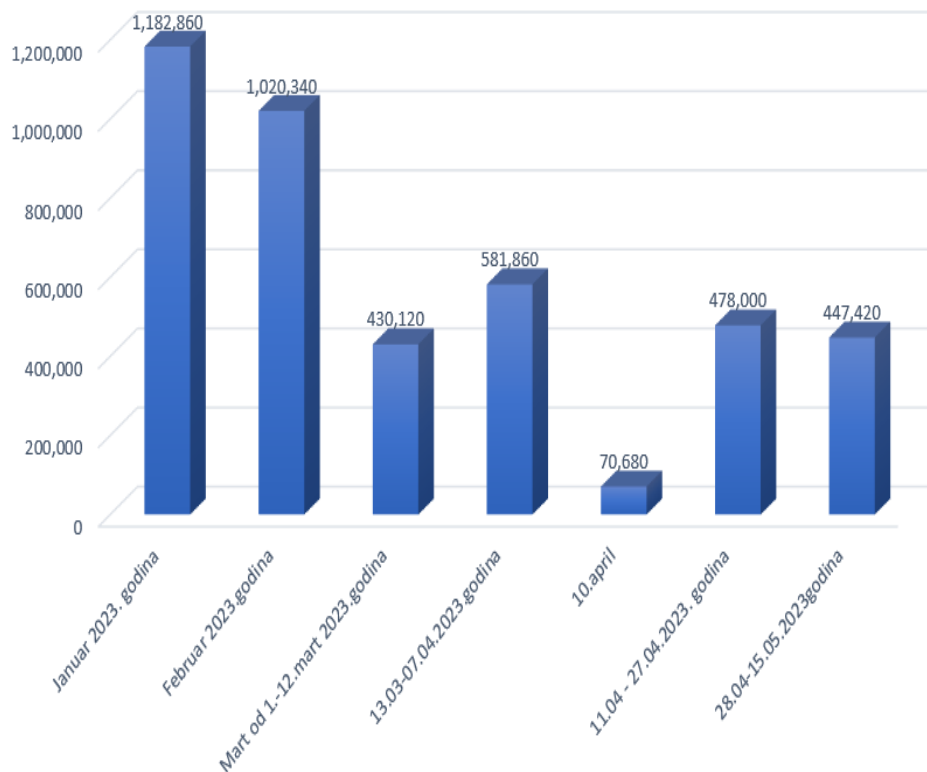
Slika 12. Histogramski prikaz tretiranog komunalnog otpada na mjesečnom nivou 2021. godina

Tretirani komunalni otpad kg



Slika 13. Histogramski prikaz tretiranog komunalnog otpada na mjesečnom nivou 2022. godina

Tretirani komunalni otpad kg



Slika 14. Histogramski prikaz tretiranog komunalnog otpada na mjesečnom nivou od januara do 15.05. 2023. godine

5.1. Uticaj reciklaže komunalnog otpada i potrošnje obnovljive energije na emisije CO₂ širom zemalja članica EU

Svjetska populacija održava trend rasta, a zauzvrat se povećava i količina komunalnog otpada. Rastuća količina komunalnog otpada predstavlja veliki izazov u pogledu zagađenja životne sredine, zbog toga reciklaža postaje važna za održivost životne sredine.

Istraživanjem efekata reciklaže komunalnog otpada i obnovljive energije na održivost životne sredine uz pomoć emisija CO₂ u državama članica EU u periodu od 2004. do 2017. godine. Recikliranje se smatra efikasnim načinom za smanjenje CO₂ emisije. [12]

Klimatske promjene, smanjenje emisija CO₂ kao i kontaminacija prirodne sredine i reciklaža komunalnog otpada danas se smatraju važnim i međusobno povezanim temama u društvu i nauci.

Povećanjem broja stanovništva, ekonomskog razvoja i brze urbanizacije, upravljanje otpadom postaje globalno pitanje.

Izvještaj Svjetske banke objavljen 2018. godine procjenjuje da će globalna proizvodnja otpada dostići 3,40 milijardi tona do 2050. godine, stoga je potrebno donijeti hitne mjere za smanjenje negativnih uticaja na zdravlje i životnu sredinu. [12]

U Evropskoj Uniji aktivnosti upravljanja otpadom predstavljaju nezamjenjiv izvor gasova staklene bašte, procjenjuje se da su u 2017. godini predstavljale oko 3% ukupnih emisija gasova staklene bašte.

Evropska Unija se fokusirala na problem upravljanja otpadom i usvojene su različite strategije, programi i politike za sprečavanje stvaranja otpada i povećanja ponovne upotrebe i reciklaže otpada.

Odlaganje komunalnog otpada na deponije će postepeno biti zamijenjeno reciklažom. Izvjesna je činjenica da su deponije važan izvor emisije gasova staklene bašte i značajno doprinose kontaminaciji podzemnih voda i zemljišta koje potom mogu ući u lanac ishrane.

Visoke stope reciklaže pomažu opštinama da smanje troškove odlaganja otpada i da smanje negativne uticaje na životnu sredinu smanjenjem količine otpada koji ide na deponiju. [12]

Čak se i količina komunalnog otpada povećava u svim zemljama. Prema EUROSTAT-u ukupna količina komunalnog otpada iz zemalja EU koji je deponovan u periodu između 1995. i 2017. godine smanjena je za 60% kao rezultat povećanja stope reciklaže ili otpada pomiješanog sa spaljenim otpadom. Recikliranjem se emituju manje količine CO₂ nego što bi se emitovalo ekstrakcijom i preradom sirovina ili spaljivanjem otpada i deponijama, ali će se neto uštede emisija razlikovati u zavisnosti od svake vrste materijala koji se reciklira.

Recikliranje postaje moćno sredstvo koje poboljšava performanse održivosti. Kroz ovaj proces direktne i indirektno emisije mogu se smanjiti najprije smanjenjem ekstrakcije i proizvodnje sirovina, a drugo smanjenjem emisija iz odlaganja. [12]

Poboljšanjem reciklaže i iskorišćenjem obnovljive energije značajno će se doprinijeti održivosti životne sredine. Na globalnom nivou potrošnja energije značajno raste, što za posledicu ima negativan uticaj na emisije ugljenika. Različite politike i strategije moraju da se fokusiraju na sektor obnovljive energije zbog povećanja udjela energije iz obnovljivih izvora energije u finalnoj potrošnji energije.

6. POSTOJEĆA PRAKSA POSTUPANJA KOMUNALNIM OTPADOM

Pravilno postupanje komunalnim otpadom zahtijeva ozbiljan pristup upravljanja i odlaganja otpada iz domaćinstva.

Otpad koji dolazi u reciklažni centar predstavlja neselektivan otpad koji je potrebno sortirati prema vrsti otpada, a to dodatno otežava prikupljanje korisnih reciklabilnih materijala iz otpada.

Efikasnost povećanja reciklabilnih materijala iz komunalnog otpada uspješno bi se realizovalo ukoliko bi se već u početnoj fazi odlaganja otpada sprovelo selektivno sakupljanje otpada. U glavnom gradu postoji 300 kontejnera koji su namijenjeni za „suvu“ frakciju i 62 polupodzemna kontejnera za istu svrhu. Procenat izdvajanja reciklabilnih materijala iz komunalnog otpada je nizak a razlog tome je nepostojanje primarne selekcije. Komunalni otpad koji dolazi u reciklažnom centru je miješani otpad što dodatno otežava i usporava postupak izdvajanja korisnih komponenti, odnosno proces recikliranja.

Primarna selekcija se smatra ključnom u pogledu uspostavljanja efikasnog sistema upravljanja otpadom. [6]

Visok stepen čistoće materijala, veći udio sekundarnih sirovina, redukcija količine otpada koji se odlaže i povećana svijest o zaštiti životne sredine su osnovne prednosti primarne selekcije.

Međutim, uspostavljanje primarne selekcija zahtijeva dodatne troškove za opremu za sakupljanje (kante i vozila za sakupljanje), vrijeme ali i trud za promjenu svijesti javnosti, prateće objekte za sekundarno razdvajanje (tj. linije za selekciju otpada), itd., što uvođenje čini velikim izazovom. [6]

7. SAVREMENE TEHNOLOGIJE ZA UPRAVLJANJE KOMUNALNIM OTPADOM

Pod selekcijom (odvajanjem) otpada podrazumijeva se proces razdvajanja jednog toka otpada na dva ili više u skladu sa jednom ili više karakteristika otpada.

Procesi selekcije se zasnivaju na različitim osobinama komponenata otpada:

- Dimenzijama djelova,
- Gustini,
- Magnetnim osobinama,
- Električnoj provodljivosti,
- Rastvorljivosti

7.1. Vrste selekcije

- Ručna selekcija (manuelna)
- Gravitaciona
- Magnetna
- Elektrostatička
- Optička
- Flotacija

7.1.1. Ručna selekcija

Ručna selekcija predstavlja metodu razdvajanja otpada koja se uprkos svim razvijenim metodama i dalje koristi i smatra pouzdanim načinom izdvajanja sekundarnih sirovina iz mješovitog toka otpada. [9]

Ručno sortiranje otpada obavljaju radnici koji su u bliskom kontaktu sa otpadom i podložni su uticaju hemikalija, patogenim organizmima i toksinima kao i mehaničkim povredama usled kontakta sa oštrim predmetima. Postoje dva tipa ručne selekcije i to: odvajanje željene frakcije u odgovarajuće kante, a preostali otpad koji se ne može reciklirati ostaje na traci. Drugi način jeste odvajanje neželjenog otpada, a željena frakcija ostaje na traci. Poželjno je prije ručnog sortiranja obaviti mehaničko presovanje na nekom uređaju čime se osigurava veća brzina radnika na traci, a samim tim i povećanje efikasnosti čitavog procesa. [9] Na slici 15 prikazana je sortirnica komunalnog otpada u okviru Reciklažnog centra u Podgorici.



Slika 15. Sortirnica komunalnog otpada u okviru deponije „Livade,, Podgorica

(Izvor: <https://deponija.me/djelatnosti/odjeljenje-za-reciklazu-komunalnog-otpada/>)

7.1.2. Gravitaciona separacija

Postupak gravitacione separacije radi na principu razvrstavanja otpada različite gustine (u tečnoj ili gasovitoj sredini) ili različite veličine. Jednostavniji vid separacije predstavlja separacija prema veličini čestica to jeste njihovoj granulaciji. Složeniji tip separacije jeste separacija prema gustini. Razdvajanje tečnosti (suspenzija) velike gustine, materija manje gustine od gustine suspenzija, ispliva na površinu, dok materija veće gustine od gustine suspenzije pada na dnu. Kako bi odvajanje u tečnom medijumu bilo uspješno potrebno je da se gustine koje se razdvajaju razlikuju. Proces je jako težak, jer je potrebno dodavati hemikalije u fluid zbog regulisanja gustine, poput bromoforma, tetrabrometana i metilen-jodida. Zbog teških tečnosti zehitijevaju se strogi uslovi zaštite na radu i kontaminirane tečnosti potrebno je dodatno očistiti. [9]

7.2. Vrste gravitacionih separatora

U gravitacione separatore ubrajaju se: sita, balistički separatori sa transportnom rešetkom ili sa vazdušnom strujom kao i hidrocikloni.

Sita služe za odvajanje materijala različitih dimenzija. Sita funkcionišu na principu odbijanja materijala sve dok ne prođe kroz otvor sita. Sijanje se odvija odvajanjem dijelova prema prohodnosti dimenzija otvora na situ, gdje čestice koje su po dimenziji manje od otvora prolaze kroz sito i na taj način se dobija fina sitna frakcija. Prilikom procesa dešava se da određeni dio sitne frakcije ostane u krupnoj frakciji i to se uglavnom dešava zbog toga što određeni dio čestica ostane „zaglavljen“ između drugih čestica. Naročito se ovo dešava kada se pri sijanju pojavi vlažni i ljepljivi otpad, usled čega dolazi do začepjenja otvora na situ. Karakteristična je konstrukcija poput Tromel-sita koji služi za prosijavanje, sastavljen od perforiranog cilindričnog bubnja podignutog na mjestu punjenja uređaja otpadom. Razdvajanje otpada različitim frakcijama po veličini postiže se kada se komunalni otpad spusti na rotacioni bubanj pri čemu manji materijali prolaze kroz otvore bubnja, a veći materijali izlaze na drugom kraju bubnja.

7.2.1. Balistički separator sa transportnom rešetkom

Balistički separator koji ima transportnu rešetku služi za efikasno izdvajanje izmiješanog komunalnog otpada čime nastaju reciklabilni materijali poput papira i plastike.

Ovakav separator koristi nekoliko osobina čestica: dimenziju t.j. veličinu, gustinu i krutost. Selekciju otpada vrši u 3 frakcije: tešku, laku i finu. Djelovi otpada koji su obli poput boca ili tegli ili veće mase koji pod dejstvom gravitacije, padaju niz samu traku. Plastični otpad (papir, karton) kao i laki djelovi otpada (plastične folije, vreće) ostaju na transportnoj traci. Djelovi hrane, prašina i slični otpad prolazi kroz prostor između pokretnih dijelova trake. [9] Na slici 16 prikazana je traka, u okviru Reciklažnog centra u Porgorici, koja odvodi karton na presovanje.



Slika 16. Traka koja odvodi karton na presovanje u okviru Reciklažnog centra na deponiji „Livade“ Podgorica

(Izvor: <https://deponija.me/djelatnosti/odjeljenje-za-reciklazu-komunalnog-otpada/>)

7.3. Metode praćenja koje omogućavaju stalna poboljšanja u sortiranju otpada u centrima za reciklažu

Standardizovana metoda praćenja predstavlja jedan od metoda upravljanja otpadom. U Švedskoj je uveden sistem koji obuhvata centre za reciklažu za sakupljanje kabastog, električnog i opasnog otpada (slika 17). Značajne količine ovog otpada nisu adekvatno sortirane, što uzrokuje negativne implikacije na životnu sredinu.

Metoda podrazumijeva standardizovano zapažanje gdje se pojava nepravilnog sortiranja prati digitalnim slikama koje se zatim analiziraju prema određenim smjernicama. Rezultati pokazuju da bi razvijena metoda praćenja mogla da ponudi resursno efikasan i koristan alat za proaktivan kvalitetan rad u reciklažnim centrima, koji uključuju kontinuirane napore u razvoju i evaluaciji mjera za bolje sortiranje otpada. Samo ako se otpad razdvoji u dobro definisane kategorije materijala, ekološki potencijal strategija recikliranja može biti u potpunosti realizovan.

U Švedskoj postoje 3 glavna sistema za sakupljanje otpada iz domaćinstva. Najveći dio otpada se prikuplja u sistemu pored ivičnjaka koji uključuje kamione koji prazne kante u domovima ljudi. Postoje dva takozvana „donesite“ sistema gdje ljudi odvoze otpad na sabirne lokacije radi sortiranja. U jednom takvom sistemu otpad za koji su proizvođači odgovorni za sakupljanje (npr. ambalaža i papir) se odvoze u stanice za reciklažu. [13]

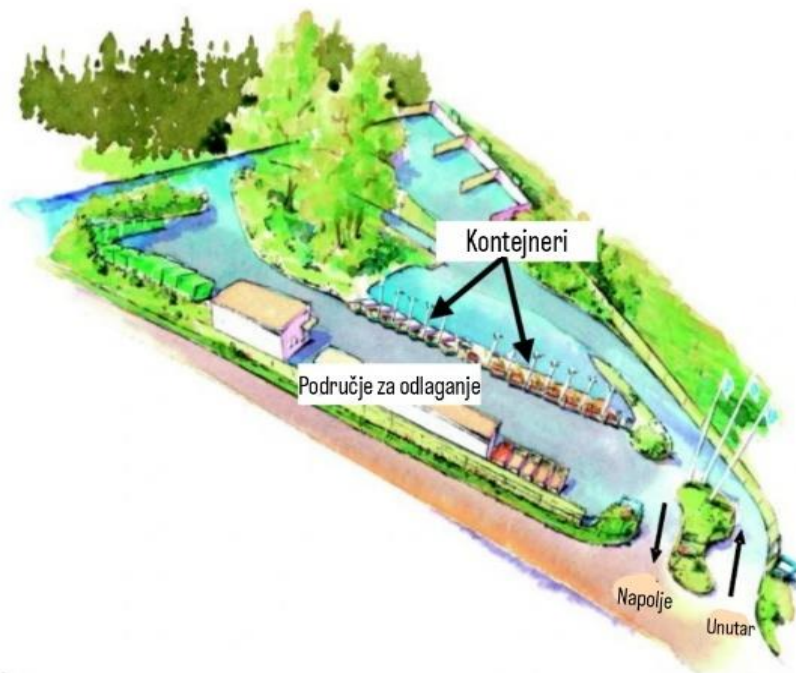
Drugi tip dovoznog sistema je reciklažni centar sa objektima za sortiranje kabastog (slika 17), električnog ili opasnog otpada kao što je otpad od rušenja, bicikli, namještaj, baštenski otpad, kompjuteri i boje.

Svake godine u Švedskoj se generiše skoro pet miliona tona kućnog otpada, a 30% se sakuplja u reciklažnim centrima. Koliko je tačno otpad sortiran u ovim objektima u velikoj mjeri određuje kvalitet prikupljenog otpada, a time i uslove za naknadni tretman i oporavak resursa.

Pogrešno sortiranje otpada gdje ljudi odlažu otpad u pogrešne kontejnere može biti uzrokovano raznim faktorima, kao što su ukupni izgled i struktura sistema prikupljanja, nedostatak informacija, broj zaposlenih, problemi sa terminologijom otpada, znanje i stavovi građana. [13]

Nedostatak odgovarajuće metode za kontinuirano praćenje kvaliteta sortiranja postignutog u reciklažnim centrima, odnosno koliko se otpad sortira tačno prema navedenim smjernicama. Bez takve empirijske osnove teško je identifikovati različite uzročno-posledične veze pogrešnog sortiranja samim tim i razviti efikasne mjere poboljšanja. Jedine dostupne metode uključuju prikupljanje i analizu fizičkih uzoraka otpada.

Takve metode mogu da pruže detaljnije i pouzdane informacije o sastavu otpada, ali se oslanjaju na stručno znanje i zahtijevaju previše resursa i vremena za stalne evaluacije.



Slika 17. Tipičan raspored kontejnera za kabasti otpad u reciklažnim centrima u Švedskoj [13]

Standardizovan metod praćenja podrazumijeva 3 glavna koraka:

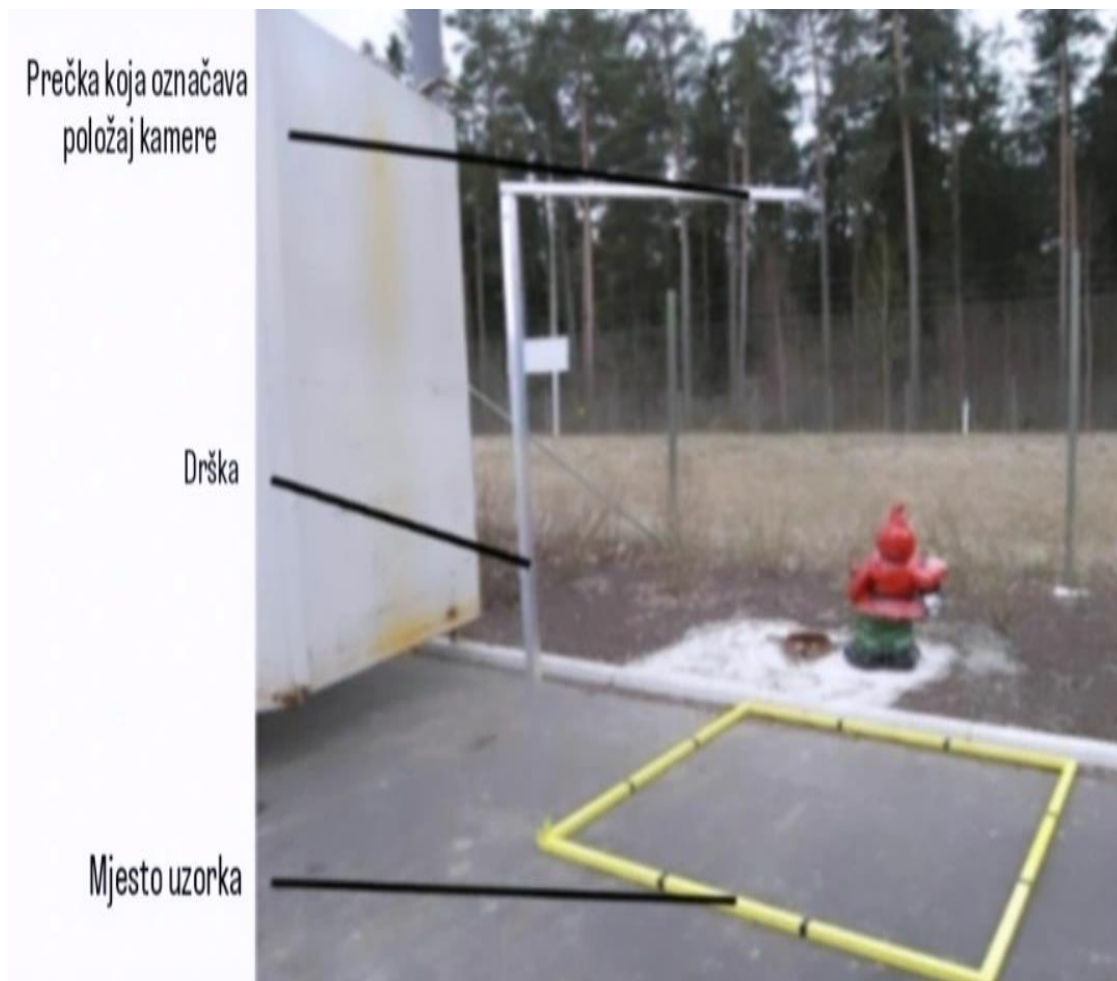
1. Odabir uzorka i fotografisanje otpada u kontejneru
2. Inventar snimljene slike
3. Dokumentovanje rezultata

Odabir uzorka vrši se pomoću aluminijumskog uređaja sastavljenog od kvadratne površine uzorka od $1,5 \text{ m}^2$ dva metra dugačka ručka za koju je pričvršćena prečka, što ukazuje na tačnu poziciju koju treba slikati.

Ova površina uzorka predstavlja 10% ukupne površine kontejnera. Držeći dugačku ručku oblast uzorka se spušta u posudu i postavlja ravno, direktno na otpad i uvijek u istom položaju u kontejneru. [13]

Takav postupak gdje se koristi fiksna površina uzorka, često se naziva odabrano uzorkovanje. On daje relativne procjene nepravilnog sortiranja otpada i omogućava uporedna istraživanja između slično prikupljenih uzoraka. Kada je površina uzorka na mjestu, digitalnom kamerom se snima slika otpada unutar kvadrata. [13]

Na slici 18 prikazan je razvijeni aluminijски uređaj za odabir uzorka i fiksni položaj površine uzorka u kontejneru.



Slika 18. Prikaz razvijenog aluminijskog uređaja za odabir uzorka i fiksni položaj površine uzorka u kontejneru iz ptičije perspektive [13]

Zbog izabrane pozicije u kontejneru, popis slika podrazumijeva identifikaciju i prebrojavanje svih pogrešno sortiranih otpadaka unutar kvadratne površine uzorka. U tabeli 2 prikazani su sadržaji proučavanih vrsta otpada u reciklažnom centru, tako da se sve ostale vrste predmeta koji se javljaju u okviru uzorka smatraju pogrešno sortiranim i prebrojanim tokom inventarizacije. Za predmete koji se sastoje od nekoliko različitih materijala, koriste se standardizovane smjernice radi utvrđivanja onih koji su pogrešno sortirani. Ove smjernice su razvijene zajedno sa operaterom reciklažnog centra.

Primjer takvog uputstva za stavke koje se pojavljuju u kontejneru za drveni otpad je sledeći: predmet je pogrešno sortiran ako se deset ili više težinskih procenata sastoji od materijala koji drveni otpad ne bi trebao da sadrži, npr. metal, plastika i gips. [13]

Tabela 2. Različite vrste otpada i njihov sadržaj u reciklažnim centrima. [13]

VRSTA OTPADA	SADRŽAJ U KONTEJNERU
Zapaljivi materijali	Metal, plastika, papir, stiropol, tekstil i plastični kompozitni materijali
Drvo	Građevinske ploče (masonit, iverice, šperploča), drvena vrata i namještaj, prozorski okviri bez stakla, drvene palete
Metal	Svi metali osim ambalaže i električnih proizvoda kao što su bicikli, metalni krovovi, kablovi, cijevi za kupanje, kotlovi i namještaj)
Otpad koji nije moguće reciklirati	Staklo osim ambalaže, mineralna vuna, porcelan, gips, pločice i beton

Treba istaći da se prilikom popisa mogu pratiti samo predmeti koji su vidljivi na slici, odnosno površinski sloj otpada u kontejneru.

Broj pogrešno sortiranih artikala identifikovanih tokom inventarizacije dijeli se na unaprijed određene kategorije otpada (tabela 3). Sve identifikovane novine, časopise i brošure u okviru oblasti uzorka se sumiraju i izvodi ukupan broj. Predmeti koji su pogrešno sortirani. Sastavljeni od nekoliko različitih materijala stavljaju se u kategoriju koja najbliže odgovara sastavu, dok je broj koji je teško procijeniti dokumentovan u kategoriji „nepoznato“. Kako bi se procijenila upotrebljivost standardizovane metode posmatranja u reciklažnom centru u Linkopingu sprovedeno je ispitivanje na terenu u punom obimu, koje se sastojalo u više od 90 mjerenja četiri vrste otpada.

Tabela 3. Unaprijed određene kategorije za pogrešno sortirani otpad koji služi za prikupljanje podataka i označene kategorije koje su relevantne za svaku od proučavanih vrsta otpada [13]

Kategorije pogrešnog sortiranja	Glavni sastojci	Pojava u različitim vrstama otpada			
		Zapaljivo	Drvo	metal	Nereciklabilni materijali
Karton	Kutije za pakovanje različitih proizvoda	X	X	X	X
Rad za publikaciju	Novine, časopisi, brošure	X			
Drvo	Rezana građa, drvene ploče, namještaj	X		X	X
Plastika	Sve vrste plastičnih ambalaža		X	X	X
Tvrda plastika	Građevinski materijal, namještaj	X			
Plastična ambalaža	Pakovanje hrane	X			
Metal	Sve vrste metalnih proizvoda	X	X		X
Metalna ambalaža	Limenke boje, konzerve za ambalažu			X	
Opasan otpad	Boje, rastvarači, hemikalije, baterije	X		X	X
Neorganski materijali	Cigle, gips, porcelan, izolacija	X	X		
Baštenski otpad	Trava, ostaci biljaka, voće	X			
Drvo obrađeno pod pritiskom	Rezana građa koja se koristi za terase, ograde		X		
Električni otpad	Električna oprema za domaćinstvo		X	X	X
Staklo	Prozori, stakla ogledala			X	
Staklena ambalaža	Flaša za piće, tegle za hranu				X
Tekstil	Odjeća, tepisi, jastuci			X	X
Nepoznato	Uglavnom otpad u vrećama	X	X	X	X

Dva puta nedeljno, pravi se slika otpada u svakom kontejneru i analizira po pomenutoj proceduri koja je navedena. U reciklažnom centru bilo je dostupno nekoliko kontejnera za svaku od proučavanih vrsta i vršeno je 20 mjerenja svake nedelje u toku terenskog ispitivanja.

Kako mjerenje standardizovanom metodom pokriva samo mali dio ukupne količine otpada u kontejnerima nije moguće jednim mjerenjem riješiti pogrešno sortiranje otpada. Radi validnosti i pouzdanosti dobijenih rezultata ovom metodom praćenja za poređenje bila je potrebna referentna vrijednost „za pravi“ sastav otpada koji se prati. Iz tog razloga detaljno je analiziran fizički uzorak jednog od najvećih i najsloženijih tokova otpada u reciklažnim centrima, odnosno gorivih materija. Ovo je podrazumijevalo sortiranje punog kontejnera iz reciklažnog centra (2.860 kg otpada) podjelu u različite kategorije otpada i vaganje svake kategorije kako bi se odredio ukupan sastav otpada.

Tokom terenskog istraživanja, standardizovanom metodom posmatranja identifikovano je više različitih kategorija pogrešnog sortiranja. Najveći broj sadržala su goriva, zatim gorivi i nerekiclabilni materijali, dok je najmanje kategorija pogrešnog sortiranja bilo u drvnom otpadu.

Pored toga predmeti poput kartona, kartonskih kutija identifikovani su u svim ispitivanim vrstama otpada. Nakon 6-7 mjerenja ovom metodom, nije identifikovana dodatna kategorija pogrešnog sortiranja u metalnom i nerekiclabilnom otpadu. Za gorivi i drveni otpad bio je potreban nešto veći broj mjerenja da bi se dobio odnos 10 i 11 mjerenja.

Broj potrebnih mjerenja za precizno ispitivanje pojave nepravilnog sortiranja može da varira između različitih centara za reciklažu, vrsta otpada i vremenskih prilika. Rezultati testa dokazuju da je 10 mjerenja standardizovanom metodom dobra procjena potrebna za kompletno istraživanje.

Akumulativni broj identifikovanih kategorija pogrešnog sortiranja povećanjem broja mjerenja standardizovanom metodom posmatranja u gorivim materijama, drvnom otpadu, metalu i nerekiclabilnim materijalima. U kategoriji „nepoznato“, odnosno umotani otpad u kese, džakove, kartonske kese, nije uključena u ovu sliku zato što se prilikom popisivanja teško identifikuje sadržaj predmeta i time se otežava procjena da li je otpad pogrešno sortiran ili ne.

Rangiranje intenziteta pogrešnog sortiranja

Kako bi se olakšalo određivanje prioriteta mjera poboljšanja u reciklažnim centrima, identifikovane kategorije pogrešnog sortiranja rangiraju se prema intenzitetu njihovog pojavljivanja. Deset mjerenja je potrebno kako bi se postigli bolji rezultati. Ako je tokom rangiranja potrebno više mjerenja, razlike u učestalosti među identifikovanim kategorijama postaju očiglednije, što rezultira manjim promjenama u prvobitnom rangiranju. [13]

Za sve vrste koje su proučavane potrebno je 5 mjerenja ili manje tokom terenskog testa u punom obimu kako bi se identifikovalo 5 najčešćih kategorija pogrešnog sortiranja.

Kategorija nepoznato predstavlja predmete koji su zamotani poput natovarenih vreća i kesa čiji materijalni sastav nije poznat i nije utvrđen tokom prikupljanja. Broj (n) koji je najmanji

odgovara potrebnoj količini za identifikaciju svih kategorija pogrešnog sortiranja u otpadu, a najveći broj svih mjerenja predstavlja mjerenje u punoj skali.

Identifikacija i rangiranje netačnog sortiranja otpada može se vršiti pomoću dvije različite metode praćenja: analizom fizičkog uzorka i standardizovanom metodom praćenja.

Standardizovanom metodom praćenja zanemaruje se težina i jednostavno daje procjenu intenziteta ukupnog kvaliteta sortiranja zasnovanog na broju otpada koji su pravilno ili pogrešno sortirani. Poređenje ukupnog kvaliteta sortiranja od gorivih materija korišćenjem dvije različite metode praćenja otkriva neke razlike.

Određene kategorije otpada poput papira i kartona predstavljaju otpad koji ima znatno velik udio i javljaju se u velikom broju. Zbog svoje male gustine nemaju velik uticaj na ukupan sastav otpada u procentima težine. Tokom terenskog ispitivanja jedan zaposleni u reciklažnom centru odabira uzorak i fotografiše otpad. Vrijeme koje je potrebno za snimanje deset slika u prosjeku je iznosilo pola sata. Popis i dokumentovanje ovih slika, trajalo je sat ipo, dok je vrijeme za naknadnu analizu rezultata bilo približno jednom satu. Za kompletnu analizu potrebno je otprilike tri sata rada. Pazeći da se isti otpad u kontejnerima ne prati više puta, slike se snimaju u kontinuiranom vremenskom razdoblju. U zavisnosti od prometa otpada u reciklažnom centru ovaj period može biti od nekoliko dana do nekoliko nedjelja. Za sprovođenje fizičkog uzorka zapaljivih materija potrebno je 20 sati.

Standardizovana metoda praćenja je brza i jednostavna. Mnogo lakše je primijeniti u okviru uobičajenih radnih aktivnosti nego u analizi fizičkih uzoraka otpada.

Prikupljanje i analiza fizičkog uzorka otpada zahtijeva sve vrste resursa kao što su kamioni za transport, za istovar i ponovni utovar, priprema lokacije, velika očišćena i popločana lokacija (najmanje 50 m²), brojni kontejneri za različite kategorije otpada, mašina za mjerenje.

Rezultati ove studije pokazuju da bi pojednostavljeni metod praćenja koji se fokusira isključivo na pogrešno sortirani otpad, mogao da pruži korisne informacije za razvoj i evaluaciju mjera poboljšanja. Sprovedena validacija rezultata iz standardizovanih metoda posmatranja uključivala je samo zapaljive materije. Ova vrsta otpada sastavljena je od širokog spektra različitih proizvoda i materijala, zbog čega ima i jedan od najsloženijih sastava u reciklažnim centrima. Može se tvrditi da metoda koja je korisna za procjenu nepravilnog sortiranja u zapaljivim materijama, može se koristiti i za druge vrste otpada koji uključuju manje složene kompozicije.

Važno ograničenje standardizovane metode posmatranja je da se sastav otpada u vrećama ne može procijeniti. Pošto je ekonomija švedskih reciklažnih centara već ograničena, sprovođenje proaktivnog kvalitetnog rada je onemogućena. Uvijek je potrebno rezultate dobijene iz standardizovane metode posmatranja povezati sa postojećim saznanjima o takvim uticajnim faktorima. Kada se procijene razlozi za određenu vrstu pogrešnog sortiranja sledeći zadatak je da se razviju mjere koje efikasno rješavaju problem. U različitim centrima, na primjer to bi moglo da podrazumijeva promjenu rasporeda i lokacije kontejnera, poboljšanja terminologije koja se koriste na informativnim znacima za sortiranje, edukaciju zaposlenih ili sprovođenje informativnih kampanja građanima.

7.4. Optimalna strategija za sortiranje plastičnog komunalnog otpada s obzirom na ekonomsku izvodljivost u cilju povećanja efikasnosti recikliranja

Optimalna strategija za sortiranje plastičnog otpada predstavljena je u cilju poboljšanja efikasnosti reciklaže s obzirom na ekonomsku izvodljivost.

Model optimizacije uzima u obzir ukupne troškove recikliranja, to jeste troškove sortiranja minus prihod dobijen prodajom reciklirane plastike od troškova sortiranja.

Takođe, model optimizacije koristi se za identifikaciju optimalne strategije za sortiranje plastičnog otpada u mješovitom programiranju koji minimizira ukupne troškove sistema za sortiranje plastičnog otpada. [14]

Sprovedena je i analiza osjetljivosti za određivanje u kojoj mjeri se dobijeni rezultati mogu promijeniti u različitim uslovima poput LDPE, HDPE, PP, PVC.

Količina plastičnog otpada ispuštena u rijeke i mora iznosi 9-23 miliona tona godišnje. 2016. godine plastika koja se ispuštala u kopneno okruženje iznosila je 0,13- 25 miliona tona, što ukazuje na značaj povećanja tretmana plastičnog otpada. Plastični otpad je mješavina različitih vrsta plastike, pa je iz tog razloga teško reciklirati ove materijale zbog nekompatibilnosti vrsta plastike koje sadrže.

Da bi se plastični otpad pravilno reciklirao ključno je sortirati ga metodom plastične separacije. Zbog skupe metode sortiranja plastičnog otpada, reciklira se 27,2 % plastičnog otpada, dok se 36,4 % odlaže na deponiju, a 36,5% spaljuje na deponiji.

Plastiku bi trebalo koristiti uzimajući u obzir odgovarajuće metode recikliranja da bi se smanjilo zagađenje životne sredine izazvano prethodnim metodama. [14]

Tribo-elektrostatička separacija predstavlja alternativni proces koji se primjenjuje za obradu plastičnog otpada. Odvajanjem mješavine HDPE i PP dostiže se povećanje sa 92,8% na 95,5%.

Pored ovog postupka, razvijen je hibridni sistem za efikasno odvajanje miješanog plastičnog otpada sa specifičnom težinom prijanjanjem mjehurića, kvašenjem površine i gravitacionim odvajanjem. Korišćenjem predložene metode sve PVC čestice plutaju efikasnošću od 98,8 %.

Metodom optimizacije minimiziraju se ukupni troškovi upravljanjem komunalnim otpadom. [14]

8. PREDLOG ZA UNAPREĐENJE RADA RECIKLAŽNOG CENTRA U PODGORICI

U sortirnicama reciklažnog centra u okviru sanitarne deponije „Livade“ vrši se selekcija komunalnog otpada prema vrsti otpada. Kako se radi o velikim količinama neselektovanog komunalnog otpada koji je pomiješan sa kabastim otpadom dodatno se onemogućava izdvajanje veće količine reciklabilnog materijala.

Znatno poboljšanje rada reciklažnog centra postiglo bi se ukoliko bi funkcionisala primarna selekcija komunalnog otpada.

Jačanjem svijesti građana da je otpad resurs sa kojim treba upravljati na adekvatan način poštujući sve mjere koje su navedene *Zakonom o upravljanju otpadom* („Sl. list CG“ br.64/11 i 39/16), unaprijedio bi se proces reciklaže.

Ekološka svijest građana obuhvata tri osnovna elementa; a to su: ekološka znanja, vrednovanje ekološke situacije i ekološko ponašanje.

Ekološka znanja predstavljaju saznanje o ograničenjima prirodnih resursa i potrebi uspostavljanja dinamičke vrijednosti među prirodnim i društvenim sistemima koje stvaraju ljudi, uzrocima koji vode ka ekološkoj krizi i globalnom karakteru i potrebi globalne strategije društvenog razvoja kao i pretpostavci opstanka života.

Vrednovanje ekološke situacije određeno je sistemom vrijednosti društva ili društvene grupe gdje se odvija ekološka svijest i izražavaju stavovi društva ili grupe prema životnoj sredini.

Ekološko ponašanje odnosi se na konkretnu akciju koja ima cilj rješavanje ekološkog problema. Ekološko ponašanje određeno je osobinama ličnosti, ljudskim potrebama kao i mogućnostima.

Da bi se unaprijedio nivo javne svijesti potrebno je:

- Usvojiti adekvatne obrasce ponašanja na nivou pojedinca, da bi se smanjilo nastajanje,
- Shvatanje značaja ponovne upotrebe otpada i kupovina proizvoda koji su napravljeni od reciklabilnih materijala,
- Razdvajanje otpada za reciklažu,
- Savjesno i adekvatno odlaganje otpada.

Ključni faktori loše reciklaže sekundarnih sirovina su:

- Nedostatak podsticaja za masovno prikupljanje i tretman sekundarnih sirovina.
- Ograničeni pravni akti koji regulišu upravljanje otpadom kao sekundarnim materijalom.

- Pogrešna državna regulativa upotrebe sekundarnih sirovina.
 - Loša organizacija prikupljanja otpada za dalju reciklažu [15].
 - Slaba informisanost javnosti o monitoringu u oblasti sekundarnih sirovina i relativno tržište.
- . Zakonski i regulatorni okvir o upravljanju otpadom kao sekundarnim sirovinama izražen je u nedostatku zakonskih i regulatornih odredbi koje regulišu:
- Državnu politiku o organizaciji prikupljanja otpada za dalju reciklažu, razvoju tržišta recikliranih sirovina,
 - Odgovornost preduzeća i pojedinca kao i organa uprave na regionalnom i lokalnom nivou, za sakupljanje i upotrebu otpada kao sekundarnog materijala.

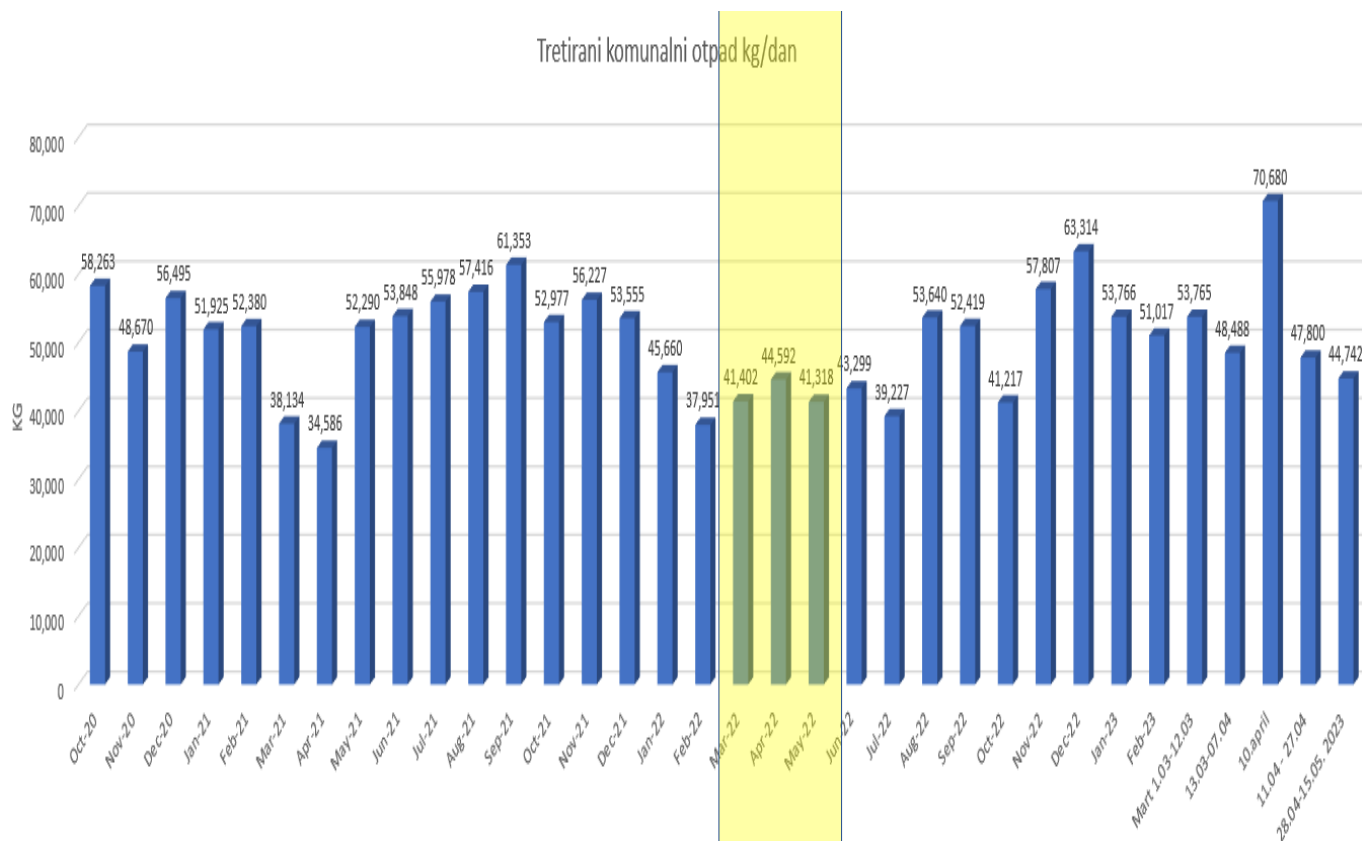
Pitanja razvrstavanja otpada kao sekundarnih sirovina prilikom određivanja limita i naplate za njihovo skladištenje

Određivanje u kojoj mjeri su zamijenjeni materijali ostaje jedan od glavnih izazova u procjeni uticaja na životnu sredinu. Koji materijali su zamijenjeni u kojoj mjeri je određeno kombinacijom različitih faktora, uključujući svojstva sekundarnih i supstituisanih materijala, kao i društveno ekonomske i zakonske granične uslove. Sposobnost sekundarnih materijala u proizvodnji novih proizvoda naziva se kvalitetom. [16]

Troškovi reciklaže rastu sa troškovima kupovine, skladištenja i isporuke kanti za reciklažu komunalnog otpada, a snižavaju ukoliko kante za sortiranje otpadom čine sam postupak efikasnim. [17]

9. REZULTATI I DISKUSIJA

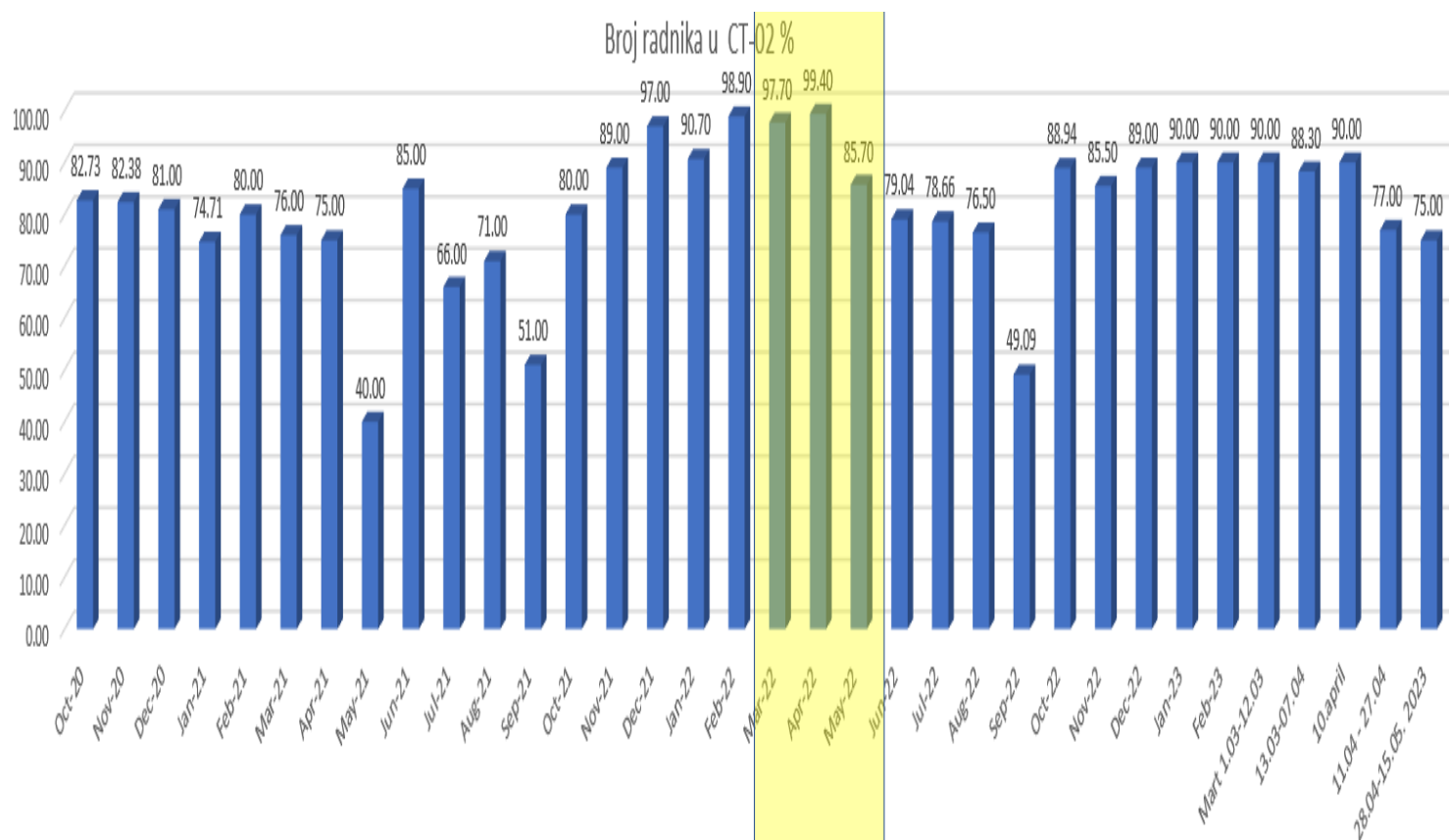
U okviru eksperimentalnih istraživanja praćeni su parametri koji predstavljaju sastavni dio analitičkih podataka koji se svakodnevno obrađuju. Parametri analitičkih podataka Reciklažnog centra tiču se količine otpada koja prolazi kroz sortirnice reciklažnog centra, brzine traka koje odvođe komunalni otpad od prijemnog punkta kroz sortirnice reciklažnog centra, zastoja u radu reciklažnog centra, normativa radnika, količine kabastog otpada do reciklabilnih materijala. Podaci koji su predstavljani u nastavku, obuhvataju period od oktobra mjeseca 2020. godine do 15.05.2023. godine. Period od februara 2023. godine do sredine maja iste godine predstavlja parametre uz pomoć kojih se mijenjao tehnološki režim rada Reciklažnog centra tokom izrade master rada u cilju dobijanja jasnije slike o stanju i količini komunalnog otpada, te samog dobrinosa u cilju dobijanja reciklabilnih materijala. Na slici 20 prikazana je analiza koja je izvršena na osnovu podataka iz dnevnih, mjesečnih i godišnjih izvještaja Odjeljenja za reciklažu komunalnog otpada koja je dio Radne jedinice za tretman komunalnog otpada u Deponiji d.o.o. Ovom Odjeljenu pripada Reciklažni centar gdje je analiza i odrađena. Analiza je rađena za period od oktobra 2020. godine do 15. maja 2023. godine. Početak perioda odgovara analizi koja je rađena od strane stručnog kadra iz Deponije d.o.o. i sadržala je puno više podataka od tekućih Izvještaja koji su pomenuti. Inače analizirani period je više nego reprezentativan tako da se dobijeni rezultati mogu smatrati mjerodavnim. Na osnovu iskustva zaposlenih u Reciklažnom centru kao i kontinuiranim praćenjem procenta reciklabilnog materijala kao i ukupne količine reciklabilnog materijala su utvrdili da se najbolji rezultati postižu ukoliko se radi sa nekih prosječnih 40-45 tona komunalnog otpada po jednoj smjeni. Razlog tome je neselektovani materijal koji se dobija jer ne funkcioniše primarna selekcija. Dodatna otežavajuća okolnost je da je i takav komunalni otpad dodatno opterećen i sa kabastim otpadom. Praćenjem tehnološkog procesa u radu Reciklažnog centra utvrđeno je da se 4 zaposlena moraju upotrijebiti da izdvajaju kabasti otpad od ukupno 18 zaposlenih što je definisano tehnologijom rada (8 u sortirnoj kabini CT01 i 10 u sortirnoj kabini CT02).



Slika 20. Histogramski prikaz tretiranog komunalnog otpada kg/dan

Praćenjem izdvojenog kabastog materijala može se utvrditi da na godišnjem nivou istog ima duplo više od reciklabilnog materijala što ukazuje na stepen opterećenosti komunalnog otpada. Izdvajanje kabastog materijala je nužnost iz razloga što se mora voditi računa o zaštiti opreme u tehnološkom lancu, kao i smanjenju potencijalne opasnosti od povređivanja radnika. Analizom svih dostupnih podataka uočeno je da period mart, april i maj 2022.godine predstavlja ciljane podatke to jest ciljanu količinu komunalnog otpada koji će se tretirati u Reciklažnom centru i koji će dati najveće količine reciklabilnih materijala uz najpovoljnije i ostale parametre koji su analizirani.

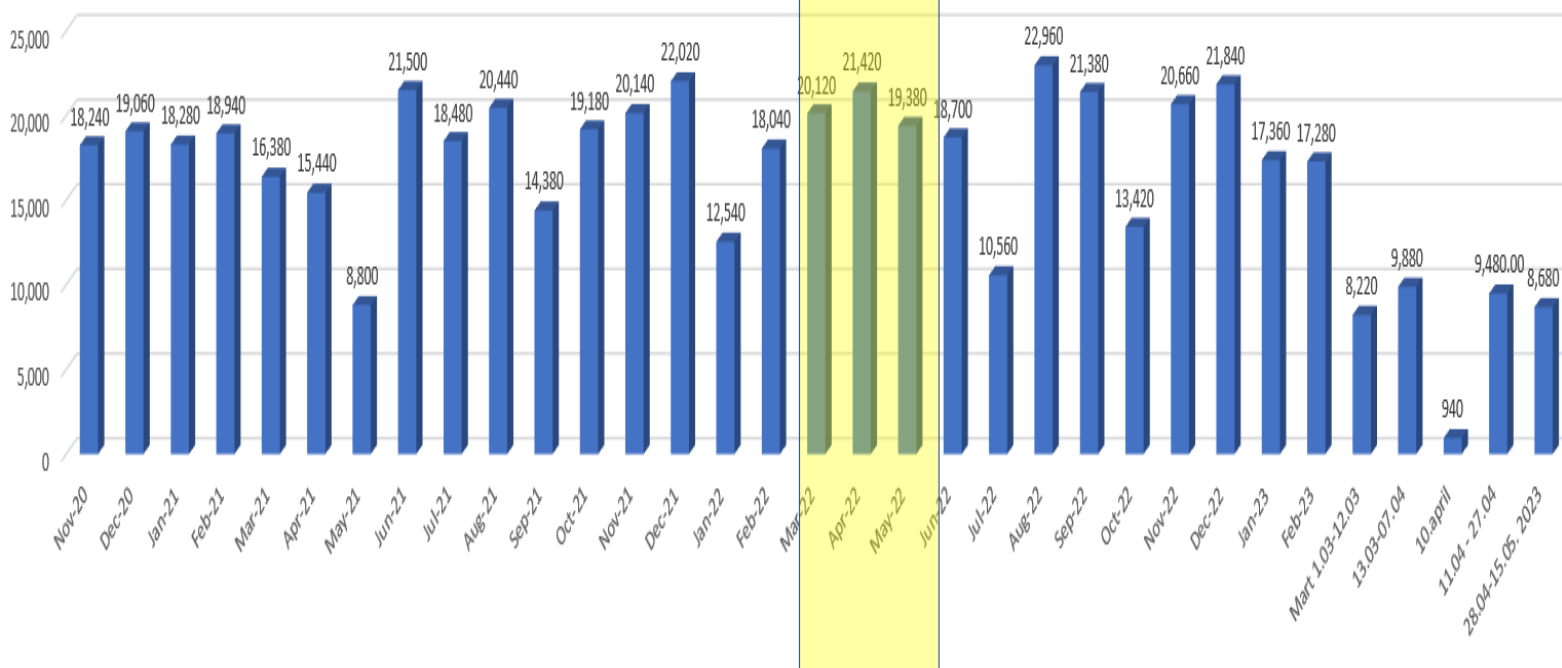
Na slici 21 prikazani su prosjeci broja zaposlenih u sortirnici CT-02 u vremenskom periodu od oktobra 2020. godine zaključno sa 15.majem 2023.godine. Upravo u posmatranom tj. ciljanom periodu nalazi se najveća prisutnost zaposlenih. Ovo je dobro iz razloga što sortirnica CT-02 tada radi u skoro pa nominalnom režimu što se tiče broja zaposlenih tako da dobijeni rezultati imaju i veću "težinu" odnosno vjerodostojnost.



Slika 21. Histogramski prikaz broja radnika u CT-02 %

Na slici 22 predstavljene su vrijednosti reciklabilnih materijala izdvojenih u sortirnici CT-02. Prosječna količina reciklabilnih materijala za period mart, april i maj 2022. godine kretala se od 19,380 kg do 21,420 kg. Analizirajući posmatrani period dat na grafiku, zaključuje se da mjeseci mart, april i maj 2022.godine imaju najveću stabilnost izvađenih materijala u poređenju sa drugim mjesecima. Kao što se vidi na histogramu, postoje mjeseci sa nešto većom količinom izdvojenih materijala ali ne postoji stabilnost jer dolazi do naglih promjena iz mjeseca u mjesec. Dakle ovaj period je bio sa stabilnim trendom izdvojenog reciklabilnog materijala i skoro sasvim sigurno bez zastoja u radu Reciklažnog centra

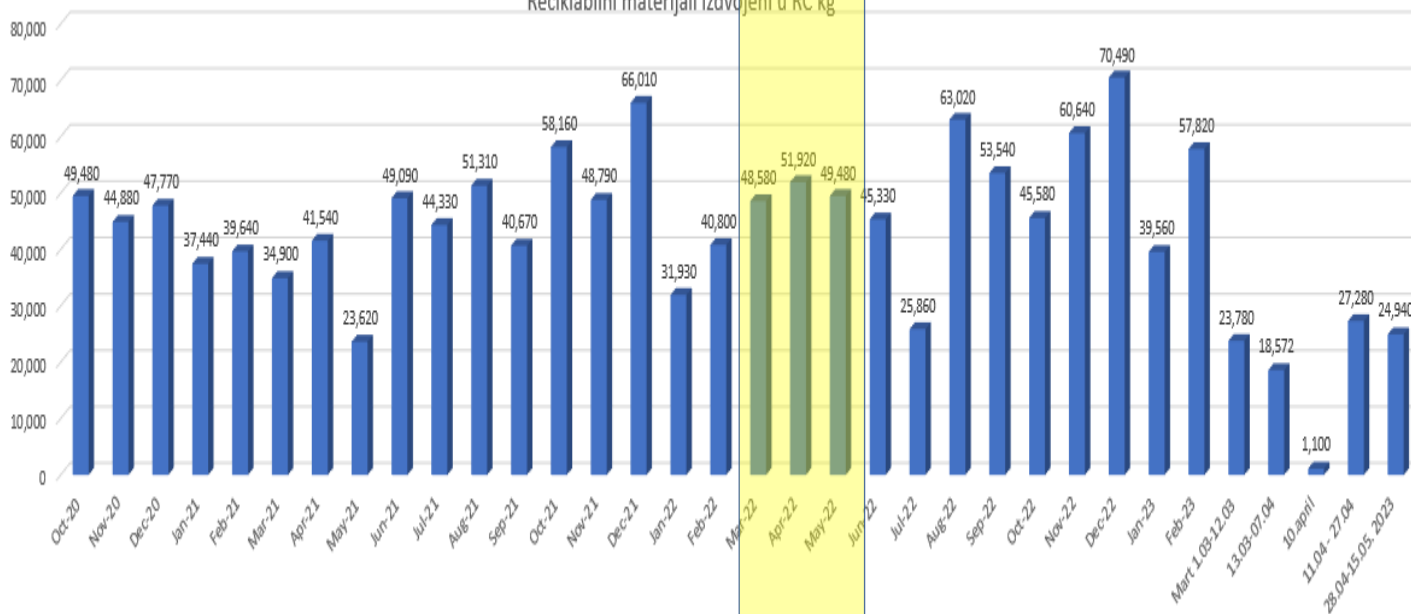
Reciklabilni materijali izdvojeni u CT-02 kg



Slika 22. Histogramski prikaz reciklabilnih materijala izdvojenih u CT-02 kg

Na slici 23 predstavljene su prosječne vrijednosti reciklabilnih materijala izdvojenih u sortirnicama reciklažnog centra izračunatih u kilogramima na mjesečnom nivou. Slično gornjem prikazu očito je period mart, april i maj 2022. godine predstavljao ponovnu stabilnost u količini reciklabilnih materijala. Očigledno je da postoje znatno bolji rezultati ali oni su posledica materijala koji su donešeni iz otkupa a presovani su u Reciklažnom centru.

Reciklabilni materijali izdvojeni u RC kg



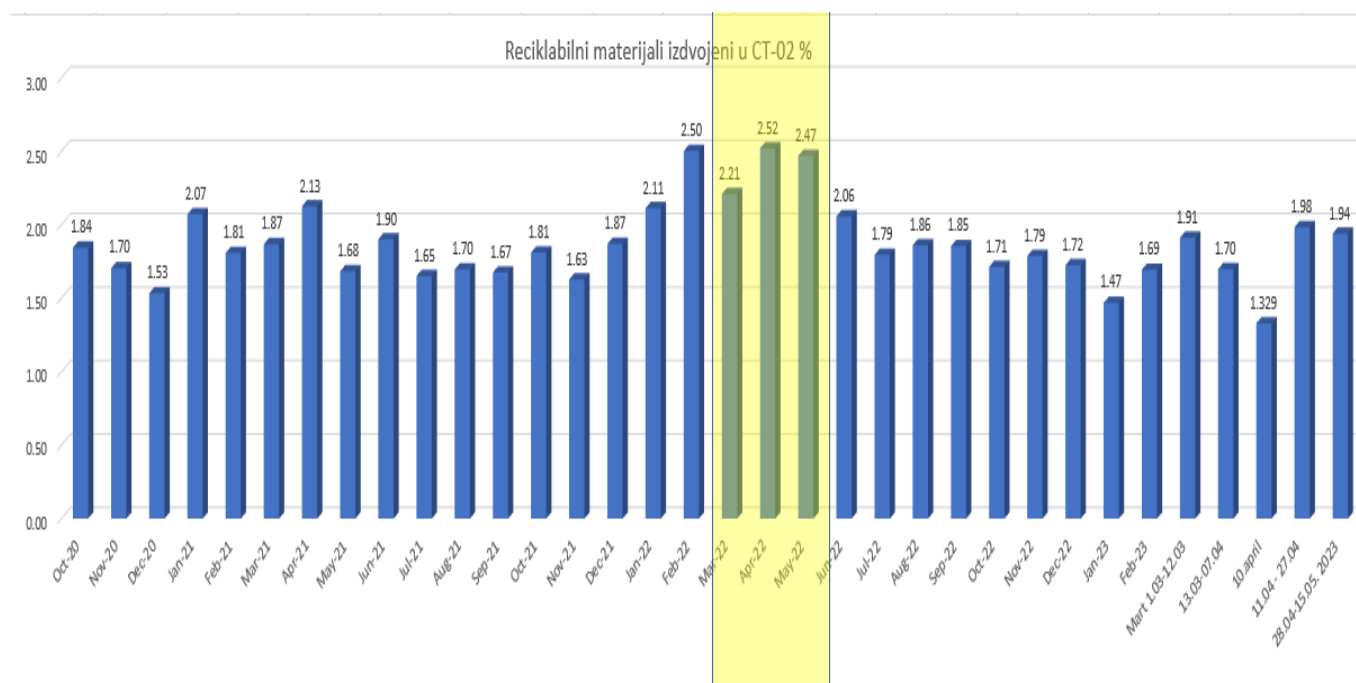
Slika 23. Histogramski prikaz reciklabilnih materijala izdvojenih u RC kg

Na slici 24 prikazan je histogram koji predstavlja procenat izdvojenih reciklabilnih materijala. Povećanje procenta je u direktnoj srazmjeri sa manjim količinama tretiranog komunalnog otpada. Vidi se da na ciljanom intervalu mart, april i maj 2022. postoje i dva maksimuma od 6,13% i 6,30% što dokazuje da je najveća efikasnost zaposlenih upravo na količinama koje se kreću oko 40 tona po danu komunalnog otpada. Ovo je inače najznačajniji parametar koji dokazuje unaprijed iznesenu tvrdnju o količini otpada.



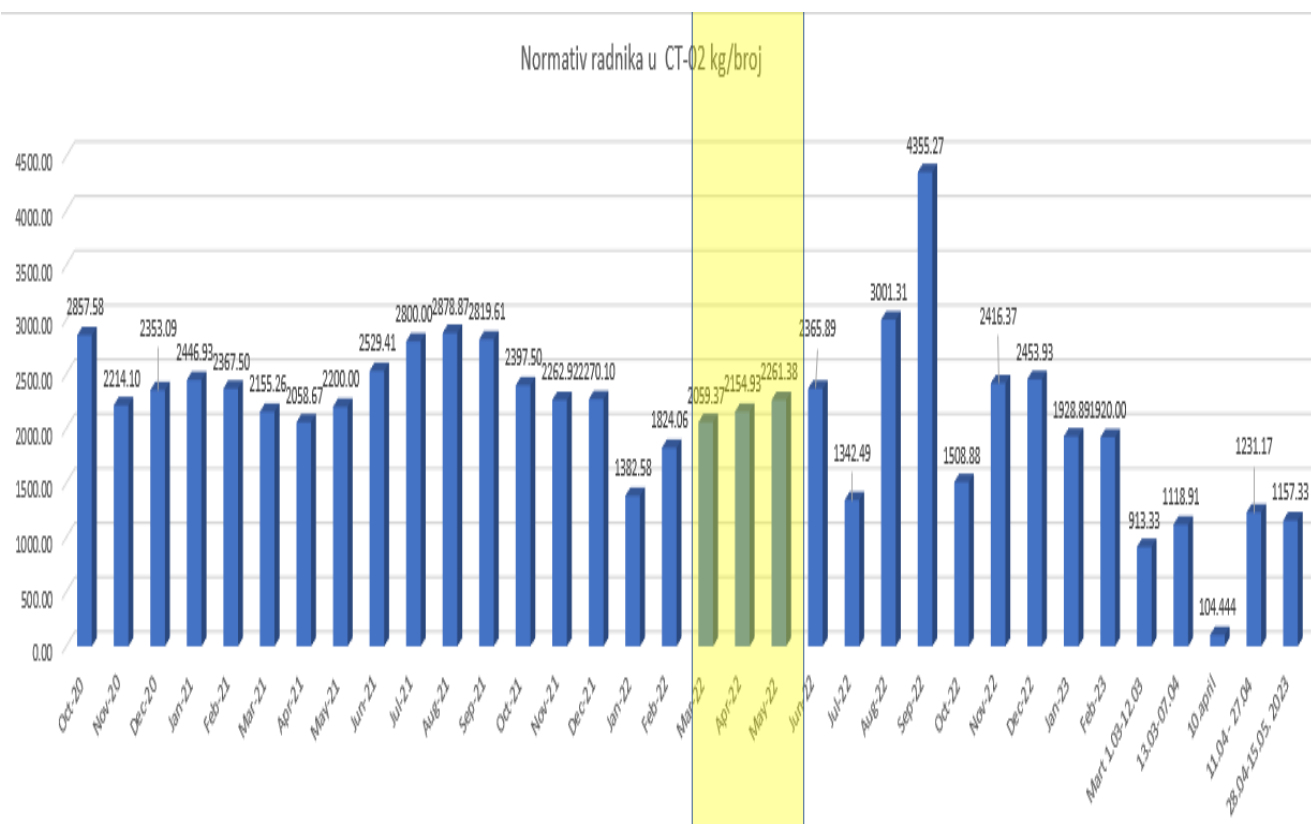
Slika 24. Histogramski prikaz reciklabilnih materijala izdvojenih u RC %

Na slici 25 predstavljeni su procenti izdvojenih reciklabilnih materijala neposredno u sortirnici CT-02. Očigledno ovaj period ima dva od tri najveća procenta koji su prikazani za posmatrani period oktobar 2020 - 15.maj 2023.godine. To su vrijednosti 2.52 % za april mjesec 2022. godine i 2.47 % za maj mjesec iste godine. Dakle i ove vrijednosti dokazuju da je riječ o ciljanoj vrijednosti rada u Reciklažnom centru kada se od zaposlenih može očekivati najveća efikasnost rada.



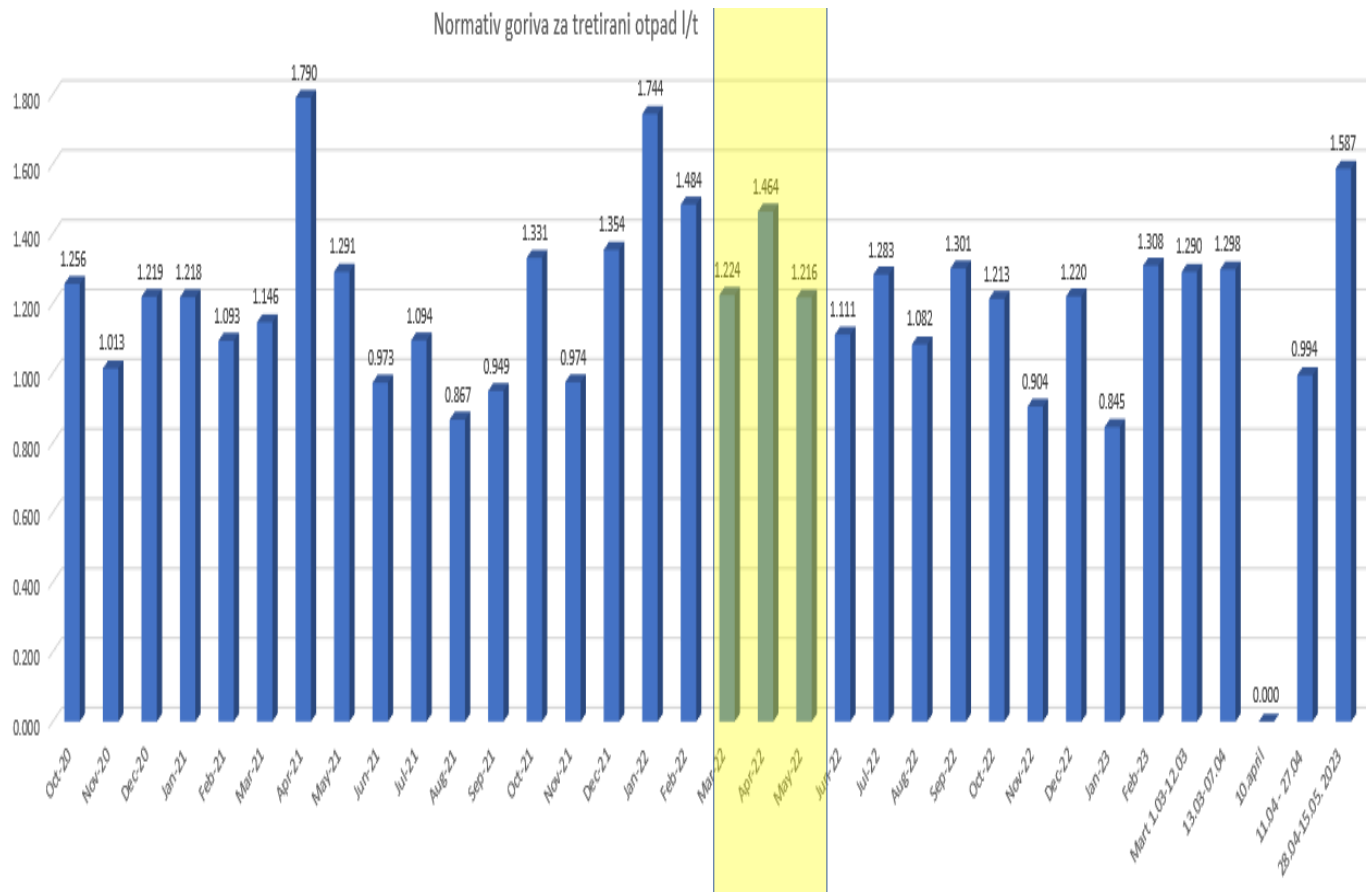
Slika 25. Histogramski prikaz reciklabilnih materijala izdvojenih u CT-02 %

Iako je normativ radnika manji od mnogih prikazanih na ovom grafiku (slika 26), treba uzeti u obzir da je u tom periodu bio najveći broj prisutnih radnika u sortirnici CT-02. Takođe i stabilnost pomenutih rezultata pokazuje da je riječ o pravilno odabranom periodu.



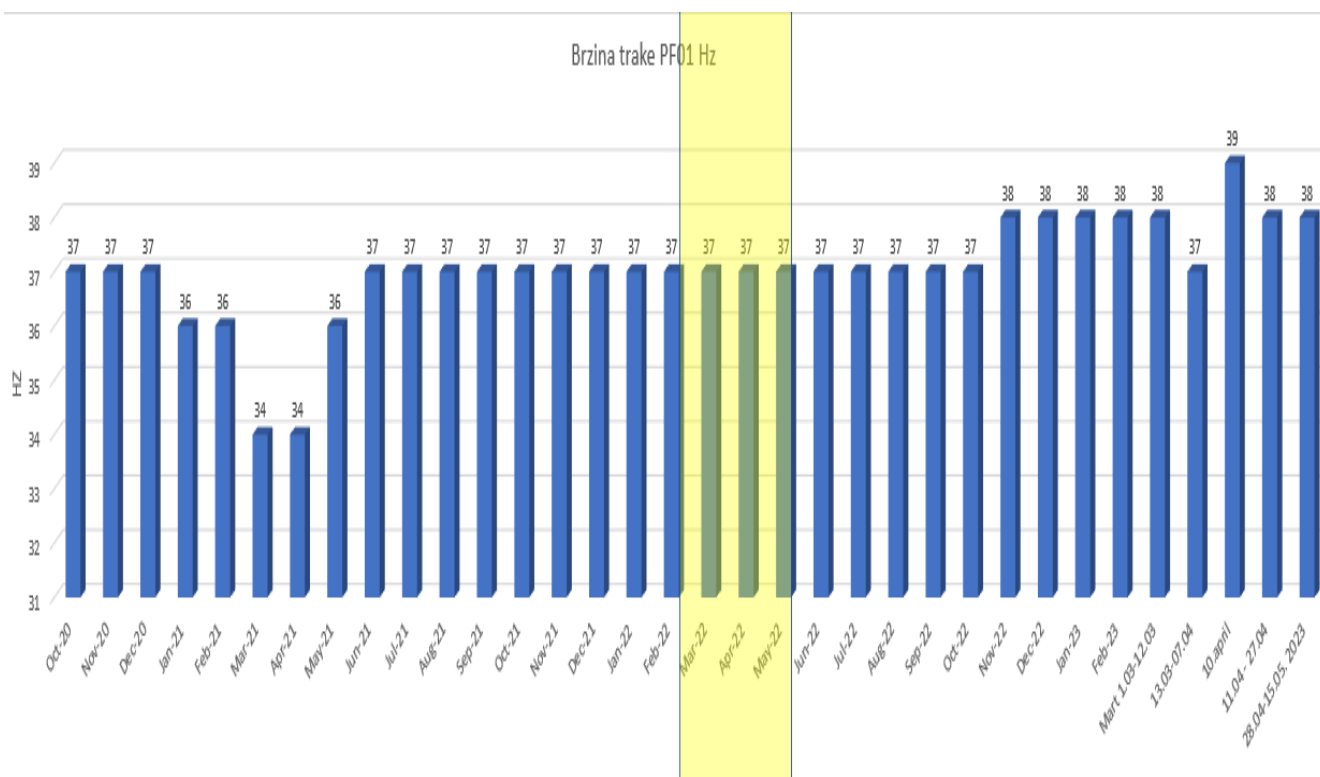
Slika 26. Histogramski prikaz normativa radnika u CT-02 kg/broj

Normativ goriva (slika 27) nije niži iako se radi o većim količinama reciklabilnih materijala, a većih količina tretiranog otpada jer se mašine koje rade u reciklažnom centru koriste i za potrebe druge vrste pa iz tog razloga ne daje mjerodavne rezultate. Navedeni grafik služi u cilju jasnog uvida u potrošnji goriva i informativnog je karaktera.



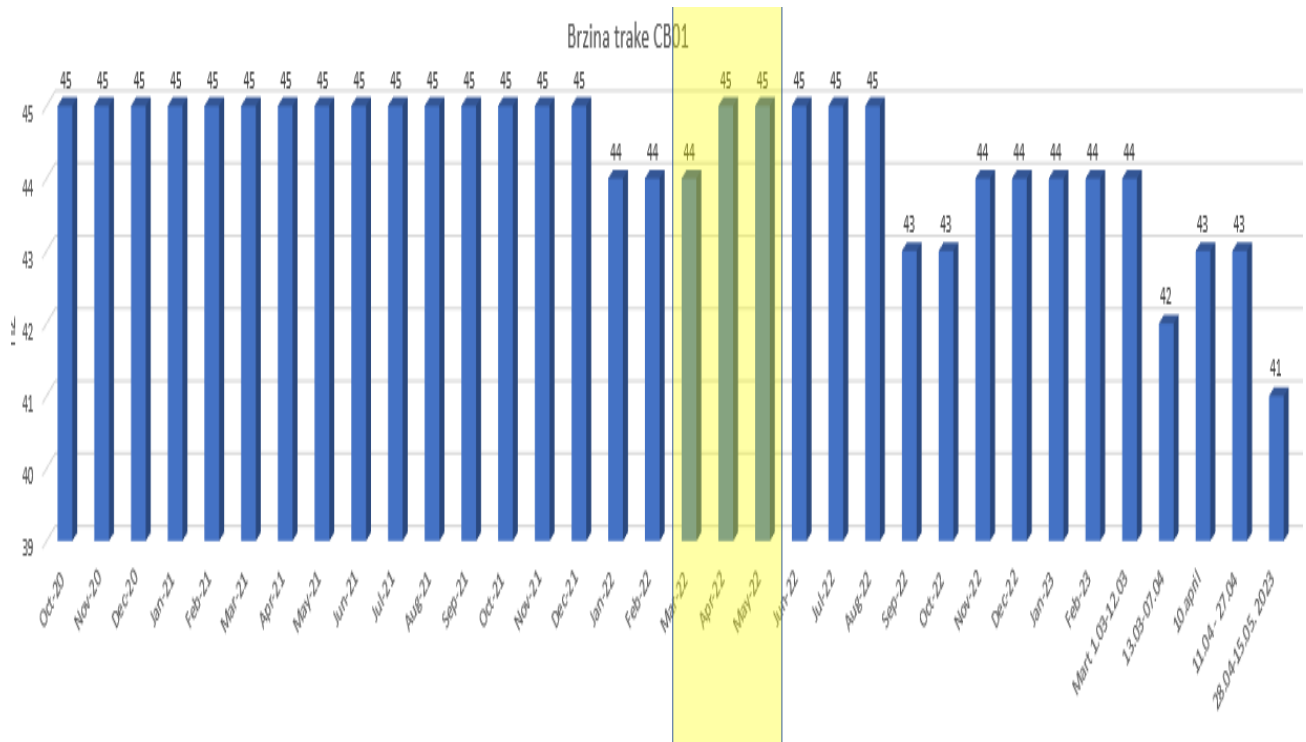
Slika 27. Histogramski prikaz normativa goriva za tretirani otpad l/t

Na priloženom histogramu (slika 28), prikazane su različite vrijednosti brzine ulazne trake PF-01 locirane na prijemnom punktu Reciklažnog centra. 37 Hz smatra se optimalnom brzinom trake PF-01. Kao dokaz tome, predstavljeni su parametri reciklabilnih materijala izdvojenih u sortirnicama reciklažnog centra sa najvećim procentom. Takođe, jedan od važnih parametara predstavlja smanjen broj zastoja u radu reciklažnog centra koji se ostvaruje smanjenjem brzine trake PF-01.



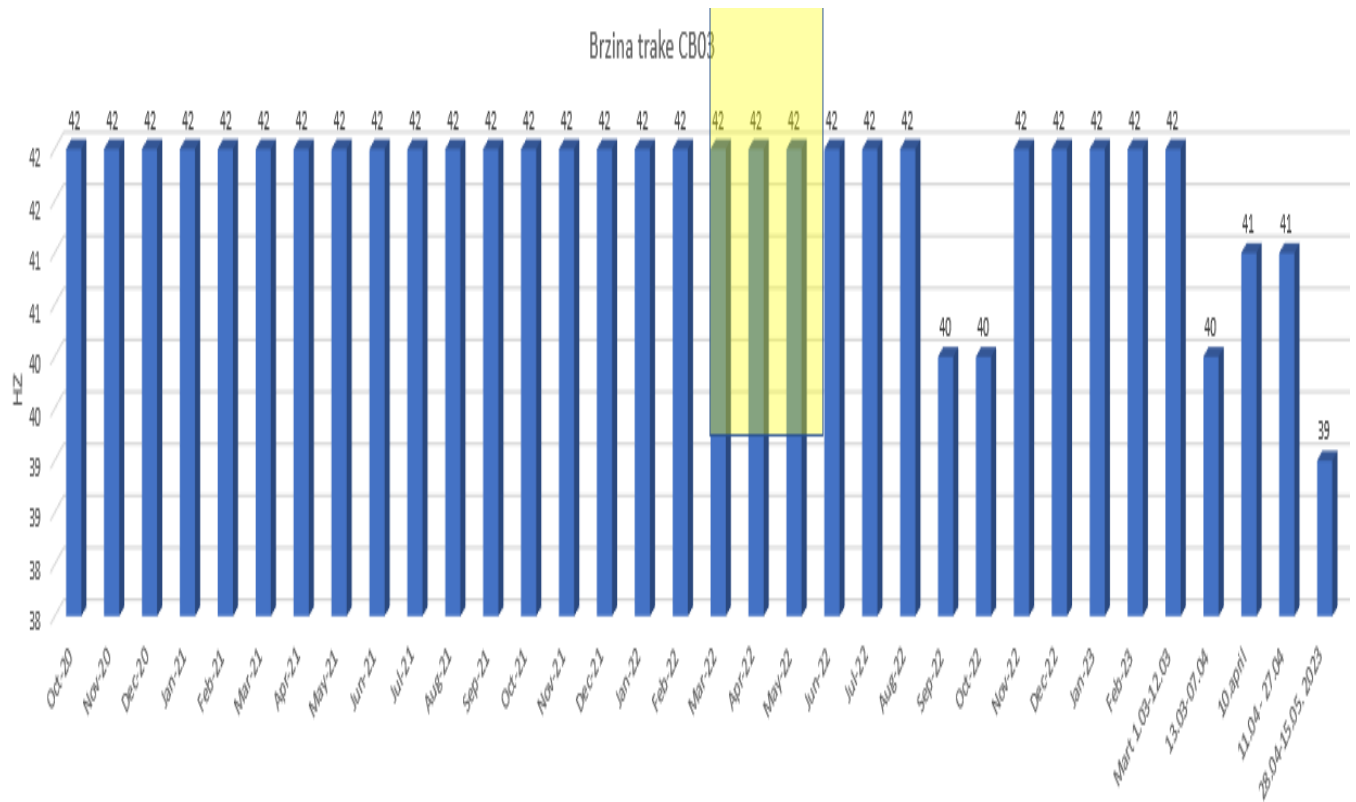
Slika 28. Histogramski prikaz brzine trake PF-01 Hz

Brzina trake CB-01 (slika 29) smatra se optimalno najefikasnijom na brzinama od 44 Hz i 45 Hz.



Slika 29. Histogramski prikaz brzine trake CB-01Hz

Traka CB-03 na brzini od 42 Hz predstavlja optimalnu brzinu na kojoj se ostvaruje rad Reciklažnog centra sa najmanjim brojem zastoja prilikom rada. (slika 30)



Slika 30. Histogramski prikaz brzine trake CB-03 Hz

10. ZAKLJUČCI

Na osnovu dosadašnjih rezultata zaključuje se postojanje velikih količina neselektivnog komunalnog otpada koji se svakodnevno tretira u reciklažnom centru sa relativno promjenjivim procentima iskorišćenja reciklabilnih materijala koji zahtijeva posebnu pažnju u pogledu efikasnijeg rada reciklažnog centra. Izmjenom tehnološkog režima rada reciklažnog centra, doprinijeto je boljem uviđaju u stanje reciklabilnih materijala iz komunalnog otpada u zavisnosti od mjeseca koji se prati, a za koji je podešen određen režim rada reciklažnog centra.

Primarnom selekcijom komunalnog otpada ili primarnim sakupljanjem otpada, značajno bi se unaprijedio procenat dobijanja većih količina otpada, međutim, mana ovog postupka jesu veliki troškovi i neadekvatno upravljanje komunalnim otpadom.

Nedovoljno iskorišćenje reciklabilnih materijala iz komunalnog otpada dovodi do nastanka velikih količina otpadnih materijala, koji kao takvi moraju biti odloženi na sanitarnoj kadi. Ključni problem koji ograničava i osporava unapređenje rada reciklažnog centra, te dobijanje veće količine reciklabilnih materijala iz komunalnog otpada nastaje usled nesprovođenja zakonskih regulativa iz oblasti upravljanja otpadom. Neadekvatnim odlaganjem otpada još u primarnoj fazi selekcije dolazi do miješanja komunalnog otpada i time se otežava sam proces izdvajanja reciklabilnih materijala iz komunalnog otpada.

Primarnim sakupljanjem otpada i povećanjem svijesti građana o ozbiljnosti problema, povećala bi se efikasnost iskorišćenja reciklabilnih materijala iz otpada i time doprinijelo poboljšanju rada reciklažnog centra.

Nedovoljna dostupnost stručne literature i kvalitetnih studija slučaja o primjeni sistema i tehnologija koje se sprovode, predstavljaju dodatna ograničenja u istraživanjima.

Takođe, nesprovođenje postojećih zakonskih propisa koji uređuju sistem upravljanja otpadom dodatan su razlog za zabrinutost kada je riječ o velikim količinama otpada i nedovoljnom iskorišćenju reciklabilnih materijala.

Potencijalna ograničenja ovog istraživanja mogu biti u nedovoljnom iskorišćenju reciklabilnih materijala usled neadekvatnog upravljanja u fazi primarne selekcije. Faktori koji utiču na procentualno veće iskorišćenje reciklabilnih materijala iz otpada, svakako predstavljaju vremenski uslovi, količina tretiranog otpada (mokra i suva frakcija), normativ radnika u sortirnicama reciklažnog centra. Sve navedeno, može znatno da utiče na iskorišćenje otpada. U cilju unapređenja budućih izmjena rada reciklažnog centra dat je predlog za rad reciklažnog centra sa optimalno najvećim iskorišćenjem otpada.

Reciklaža plastike može da obezbijedi koristi za životnu sredinu izbjegavanjem štetnih uticaja alternativnih načina odlaganja i omogućavanjem zamjene primarnih materijala.

11. LITERATURA

1. Prof. dr Vanja Asanović, Prof. dr Žarko Radović, Upravljanje otpadom, Metalurško Tehnološki fakultet, Univerzitet Crne Gore, 2-95, (2019)
2. Yongxiang Yanga, Rob Boom, Brijan Irion, Derk-Jan van Heerden, Pieter Kuiper, Hans de Wit, Recycling of composite materials, *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, Vol.51, pp.53-68, (2012)
3. Pitchayanin Sukholthaman, Alice Sharp, A system dynamics model to evaluate effects of source separation of municipal solid waste management: A case of Bangkok, Thailand, *Waste Management*, Vol.52, pp. 50-61, (2016)
4. Diego Moya, Clay Aldás, Germánico López, Prasad Kaparaju, Municipal solid waste as a valuable renewable energy resource: a worldwide opportunity of energy recovery by using Waste-To-Energy Technologies, *Energy Procedia*, Vol. 134, pp. 286-295, (2017)
5. Darko Babić, Packaging problems in the modern world, *Polytechnic & design*, Vol. 5, pp. 93-96, (2017)
6. Kristina Lazić, Bojan Batinić, Possibility of implementation source separation of municipal waste in the municipality of Vršac, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, (2022)
7. Dušica Pešević, Upravljanje otpadom, Prirodno Matematički fakultet, Univerzitet u Banja Luci, Banja Luka, (2022)
8. Nedim Šuljić, Univerzitet u Tuzli ,Sanitarne deponije otpada
9. Dr Boban Cvetanović, dr Petar Đekić, Reciklažne tehnologije I , Akademija tehničko-vaspitnih strukovnih studija, Niš, (2018)
10. Preuzeto sa sajta:
<https://www.europarl.europa.eu/news/hr/headlines/society/20180328STO00751/> gospodarenje-otpadom-u-eu-u-infografika, pristupljeno:11.02.2024
11. Zakon o upravljanju otpadom („Službeni list CG,, broj 64/11) Državni plan upravljanja otpadom u Crnoj Gori za period 2015-2020. godina
12. Yilmaz Bayar, Marius Dan Gavriletea, Stefan Sauer, Dragos Paun, Impact of Municipal Waste Recycling and Renewable Energy Consumption on CO2 Emissions across the European Union (EU) Member Countries, *Sustainability*, Vol. 13, pp. 656, (2021)

13. Joakim Krook, Mats Eklund, Developing a monitoring method facilitating continual improvements in the sorting of waste at recycling centres, *Waste Management*, pp. 32–40, (2010)
14. Jonghun Lim, Yuchan Ahn, Hyungtae Cho, Junghwan Kim, Optimal strategy to sort plastic waste considering economic feasibility to increase recycling efficiency, *Process Safety and Environmental Protection*, Vol.165, pp. 420-430, (2022)
15. Evgeniy Velichko, Eduard Tskhovrebov, Insights into the state of affairs and possible ways to improve secondary material waste management, MATEC Web of Conferences, Vol. 196, (2018)
16. Magdalena Klotz, Melanie Haupt, Stefanie Hellweg, Limited utilization options for secondary plastics may restrict their circularity, *Waste Management*, Vol. 141, pp. 251-270, (2022)
17. Robert A. Bohm, David H. Folz, Thomas C. Kinnaman, Michael J. Podolsky, The costs of municipal waste and recycling programs, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 54, pp. 864–871, (2010)